Hauke Nakoinz

Wasserstraßen – Schifffahrt – Umwelt

Handbuch für den Beruf Wasserbauerin/Wasserbauer

Herausgeber: Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest, Berufsbildungszentrum Koblenz

Titelbild: Buhnenfelder der Elbe

Wasserstraßen, Schifffahrt, Umwelt

Ein Handbuch für den Ausbildungsberuf „Wasserbauerin/Wasserbauer“ in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

Vorwort

Dieses Kompendium/Handbuch wurde für den Ausbildungsberuf „Wasserbauerin/Wasserbauer“ verfasst. Wasserbauerinnen und Wasserbauer unterhalten die Wasserstraßen. Sie werden auch eingesetzt bei Maßnahmen zur Pflege und Entwicklung von Gewässern, Baumaßnahmen des Insel- und Küstenschutzes, gewässerkundlichen Messungen, Maßnahmen des Hochwasserschutzes sowie dem Betrieb und der Unterhaltung von Talsperren, Speichern und Rückhaltebecken.

Grundlage dieses Buches ist die „Verordnung über die Berufsausbildung zum Wasserbauer/zur Wasserbauerin“ vom 26. Mai 2004. Das Buch soll die Kenntnisse vermitteln, die für eine handlungsorientierte Ausbildung und Prüfung erforderlich sind. Es berücksichtigt insbesondere die organisatorischen und technischen Teile des Ausbildungsberufsbildes, die im Ausbildungsrahmenplan aufgeführt sind.
Das Buch richtet sich insbesondere an die Auszubildenden der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), deren Verwaltung, Organisation und Aufgaben dargestellt werden.
Bei der Bearbeitung des Buches wurden überwiegend Veröffentlichungen, Merkblätter, Richtlinien, Empfehlungen und sonstige Informationen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, der Bundesanstalt für Wasserbau, der Bundesanstalt für Gewässerkunde, des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie, der Wasser- und Schifffahrtsdirektionen, der Wasser- und Schifffahrtsämter, der Neubauämter sowie des Elektronischen Wasserstraßen-Informationsdienstes der WSV (ELWIS) verwendet.
Für die mir gewährte Unterstützung, wertvolle Hinweise und wichtige Anregungen danke ich den Kolleginnen und Kollegen der WSV sowie der Berufsbildenden Schule Technik Koblenz – Carl-Benz-Schule.

Hauke Nakoinz
Koblenz, im Juli 2010

Ein Wort zum vorliegenden Werk:

Der Beruf des Wasserbauers wurde 1942 als Ausbildungsberuf eingeführt. Die Tätigkeiten des Wasserbauers erfordern eine fundierte handwerkliche Ausbildung. Dazu gehören die Kenntnisse Schäden an Ufersicherungen und Schleusen- und Wehranlagen zu erkennen und die Beseitigung zu veranlassen oder im Notfall selbst vorzunehmen.
Das Führen von Baumaschinen und – geräten sowie Vermessungs- und Peilarbeiten
Gehören ebenso dazu wie die Baumpflege und die Belange des Naturschutzes.
Instandhalten und Ausbringen von Schifffahrtszeichen sowie die Hindernisbeseitigung in der Fahrrinne runden das Bild ab.
Diese Aufzählung ließe sich um einiges ergänzen.
Zu erkennen ist jedoch schon jetzt, dass der Beruf des Wasserbauers sehr vielseitig und interessant ist und einige Gewerke abdeckt.

Ob Sie etwas über den Aufbau der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung wissen wollen oder über Arbeitssicherheit. Über Beton, Holz, Steine oder Farben. Motoren, Peilwesen, Stauregelungen, Faschinen, Mauern oder Revisionsverschlüsse. Naturnahe Gewässer, Deiche, Schiffseichung oder Verkehrsvorschriften usw., usw.
Der Autor hat ein aktuelles Grundwerk geschaffen, das alle Aspekte der Ausbildung zum Wasserbauer in einem Werk zusammenführt.
Die Ausbilder, Lehrgesellen und auch die Auszubildenden werden dieses Werk bei der täglichen Ausbildung dankbar zur Hand nehmen. Erfüllt es doch auch in Zeiten von Internet und Suchmaschinen ein ganz wichtiges Kriterium: Das ganze Wissen in einer Hand!

Ich danke Herrn Nakoinz für die vielen, vielen Stunden Arbeit, die er sich nach seiner Pensionierung gemacht hat, um uns für die Vermittlung von Ausbildungsinhalten für die Wasserbauer-Azubis ein praktikables Werk vorzulegen.

Erwin Langen
Berufsbildungszentrum Koblenz

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Teil I	**Verwaltung der Bundeswasserstraßen**	
1	**Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes**	1
1.1	Gesetzliche Grundlagen	1
1.2	Die Aufgaben der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung	1
1.3	Ausgewählte wasserstraßenübergreifende Aufgaben	2
1.4	Organisatorischer Aufbau	6
1.5	Personalvertretung	9
1.6	Schwerbehindertenvertretung	10
1.7	Gleichstellungsbeauftragte	10
2	**Bundeswasserstraßen**	11
2.1	Begriffsbestimmung	11
2.2	Funktionen der Wasserstraßen	11
2.3	Wasserstraßennetz, Wasserstraßenklassifizierung	11
Teil II	**Grundlagen**	
3	**Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz**	15
3.1	Aufgaben	15
3.2	Vorschriften und Regelungen	15
3.3	Betriebliche Organe	16
3.4	Arbeitsschutzausschuss	16
3.5	Betriebssicherheitsverordnung	17
3.6	Gefährdungsbeurteilung/Gefährdungsanalyse	17
3.7	Beriebsanweisungen	18
3.8	Organisation der Unfallversicherung	18
3.9	Persönliche Schutzausrüstung	19
4	**Umweltschutz**	22
4.1	Definition	22
4.2	Begriffe, Maßnahmen zum Umweltschutz	22
4.2.1	Abfall	22
4.2.2	Emissionen,	23
4.2.3	Reinhaltung des Wassers	24
4.2.4	Reinhaltung der Luft	25
4.2.5	Lärmschutz	26
4.3	Beachtung des Umweltschutzes bei Unterhaltungsarbeiten	27
5	**Baustelleneinrichtung**	27
5.1	Definition	27
5.2	Gesetzliche Bestimmungen, Vorschriften	28
5.3	Elemente der Baustelleneinrichtung	28
5.4	Wasserbaustellen	29
5.5	Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordinator (SiGeKo)	29
6	**Baustoffe, Herstellen von Bauteilen**	30
6.1	Bindemittel	30
6.1.1	Aufgabe und Einteilung	30
6.1.2	Lehm	30
6.1.3	Baukalke	31
6.1.4	Baugipse	31
6.1.5	Zemente	32
6.2	Natursteine	35

6.2.1 Entstehung der Gesteine 35
6.2.2 Gruppierung der Gesteine 35
6.2.3 Der Baustoff Naturstein – Farbe, Struktur und Eigenschaften der wichtigsten Gesteinsarten 38
6.2.4 Anforderungen an Wasserbausteine 39
6.2.5 Abnahme der gelieferten Wasserbausteine 40
6.2.6 Natursteinmauerwerk 40
6.3 Künstliche Steine 43
6.3.1 Gebrannte Bausteine, Ziegel 43
6.3.2 Ungebrannte Bausteine 43
6.3.3 Mauerwerk 44
6.4 Beton 47
6.4.1 Grundlagen 47
6.4.2 Begriffe 47
6.4.3 Expositionsklassen 49
6.4.4 Zement 49
6.4.5 Gesteinskörnung 51
6.4.6 Zugabewasser 54
6.4.7 Wasserzementwert 54
6.4.8 Betonzusätze 55
6.4.9 Eigenschaften des Betons 56
6.4.10 Betonzusammensetzung 58
6.4.11 Betonbau 62
6.4.12 Herstellen des Betons 71
6.4.13 Qualitätssicherung, Prüfen des Betons 73
6.4.14 Sanieren von Stahlbetonbauteilen 73
6.5 Bauwerksabdichtung 74
6.6 Böden 76
6.6.1 Bedeutung des Bodens im Baubereich 76
6.6.2 Einteilung der Böden 76
6.6.3 Bodenerkundung 80
6.6.4 Verdichten des Bodens 82
6.7 Baustoff Holz 84
6.7.1 Bedeutung des Baustoffes Holz 84
6.7.2 Der Aufbau des Holzes 84
6.7.3 Einheimische Holzarten – Eigenschaften und Verwendung 85
6.7.4 Schnittholzeinteilung 86
6.7.5 Sortierung 86
6.7.6 Holzschädlinge 88
6.7.7 Holzschutz 89
6.7.8 Holzverbindungen 89
6.7.9 Holzbau- und –werkstoffe 90
6.8 Metalle 90
6.8.1 Eisen und Stahl 90
6.8.2 Nichteisenmetalle 92
6.9 Teer, Bitumen, Asphalt 93
6.10 Farben und Lacke, Anstricharbeiten 95
6.11 Kunststoffe 96

7 Motorenkunde 99
7.1 Elektromotor 99
7.1.1 Gleichstrommotor 99
7.1.2 Wechselstrommotor 100
7.1.3 Drehstrommotor 100
7.2 Verbrennungsmotor 100
7.2.1 Einteilung 100

7.2.2 Otto-Viertaktmotor 101
7.2.3 Otto-Zweitaktmotor 101
7.2.4 Diesel-Viertaktmotor 102
7.2.5 Das Viertakt-Arbeitsverfahren

Teil III Grundlagen des Wasserbaus
8 Vermessungswesen, Karten, Liegenschaftsverwaltung 104
8.1 Grundlagen 104
8.2 Vermessungsgeräte 105
8.3 Durchführen von Vermessungen 107
8.3.1 Lage- oder Horizontalmessungen 107
8.3.2 Höhen- oder Vertikalmessungen 110
8.4 Lage- und Höhenfestpunktfeld 114
8.4.1 Lagefestpunktfeld 114
8.4.2 Höhenfestpunktfeld 114
8.4.3 Schutz der Grenz- und Vermessungsmarken..... 114
8.5 Vermessungsaufgaben der WSV 114
8.6 Kartenwesen 115
8.7 Elektronische Wasserstraßenkarte (Inland ECDIS, ARGO) 116
8.8 Liegenschaftsverwaltung 116

9 Peilwesen 117
9.1 Peilungen im Binnenbereich 117
9.2 Peilungen im Seebereich 124

10 Gewässerkundliche Messungen 125
10.1 Grundlagen 125
10.2 Pegelwesen 126
10.3 Abflussmessungen 137
10.4 Gewässerkundliche Hauptwerte 144
10.5 Meldedienste 145

11 Wasserläufe mit künstlichem Gewässerbett, Schifffahrtskanäle 146
11.1 Allgemeines 146
11.2 Begriffe zum künstlichenGewässerbett 147
11.3 Wasserbedarf 148
11.4 Kanäle für Binnenschiffe 148
11.5 Kanäle für Seeschiffe 150

12 Flussregelung, Stauregelung 151
12.1 Flussregelung 151
12.1.1 Erfordernis einer Flussregelung 151
12.1.2 Begriffe 151
12.1.3 Maßnahmen zur Regelung eines Flusslaufes 152
12.2 Stauregelung 161
12.2.1 Erfordernis einer Stauregelung 161
12.2.2 Begriffe 162
12.2.3 Bauliche Anlagen einer Stauregelung 162
12.2.4 Geschiebezugabe 163

13 Schiff und Wasserstraße, Schifffahrtszeichen 163
13.1 Begriffe 163
13.2 Wechselwirkung Schiff – Wasserstraße 165
13.3 Schifffahrtszeichen 166
13.3.1 Grundlagen 167
13.3.2 Schifffahrtszeichen an Binnenschifffahrtsstraßen 169
13.3.3 Schifffahrtszeichen an Seeschifffahrtsstraßen 183

14 Schwimmende Fahrzeuge und Geräte des Wasserbaus 188

15 Ufereinfassungen und Sohlensicherungen ... 194
15.1 Uferböschungen und Gewässersohlen ... 194
15.1.1 Lebendbauweise ... 194
15.1.2 Faschinenbauweise ... 198
15.1.3 Uferdeckwerke – Grundlagen ... 205
15.1.4 Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen ... 208
15.2 Senkrechte Ufereinfassungen ... 214
15.2.1 Spundwände ... 215
15.2.2 Fangedämme ... 217
15.2.3 Pfahlwände ... 219
15.2.4 Winkelstützmauern ... 220
15.2.5 Gegliederte Ufermauern ... 220
15.2.6 Schwergewichtsmauern ... 220
15.2.7 Ufermauern in Blockbauweise ... 221
15.2.8 Gabionen ... 221
15.2.9 Schlitzwände ... 222
15.2.10 Pfahlrostbauwerke ... 222
15.2.11 Senkkästen und Schwimmkästen ... 223
15.3 Uferwege und Ufertreppen ... 223

16 Bauwerke ... 224
16.1 Dämme und Deiche ... 224
16.2 Wehre ... 225
16.2.1 Feste Wehre ... 225
16.2.2 Bewegliche Wehre ... 226
16.3 Schleusen ... 233
16.4 Schiffshebewerke ... 242
16.5 Kanalbrücken ... 247
16.6 Anlagen zur Überwindung von Gefällstufen für Sportboote ... 248
16.7 Schifffahrtstunnel ... 249
16.8 Fischwege (Auf- und Abstiegsanlagen) ... 250
16.9 Durchlässe, Düker und große Unterführungsbauwerke ... 253
16.10 Sicherheitstore ... 254
16.11 Revisionsverschlüsse ... 254
16.12 Brücken ... 254
16.13 Freileitungen ... 256

17 Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken, Pumpspeicherbecken, Sedimentationsbecken ... 258
17.1 Talsperren ... 258
17.2 Hochwasserrückhaltebecken ... 260
17.3 Pumpspeicherbecken ... 260
17.4 Sedimentationsbecken ... 262

18 Pflege und Entwicklung von Gewässern ... 262
18.1 Grundlagen ... 262
18.2 Begriffe ... 262
18.3 Die Bedeutung naturnaher Gewässer ... 264
18.4 Gewässerentwicklungsplan ... 264
18.5 Maßnahmen zur naturnahen Gewässerentwicklung ... 265
18.6 Naturnaher Neubau und Ausbau und naturnahe Unterhaltung von Bundeswasserstraßen ... 266
18.6.1 Rechtliche Grundlagen ... 266
18.6.2 Neu- und Ausbaumaßnahmen ... 266
18.6.3 Unterhaltungsmaßnahmen ... 267

19 Insel- und Küstenschutz ... 272

19.1 Definition und Bedeutung 272
19.2 Begriffe 272
19.3 Rechtliche Grundlagen 273
19.4 Der Küstenbereich 273
19.4.1 Gezeiten 273
19.4.2 Sturmflut 274
19.4.3 Nordsee 275
19.4.4 Ostsee 279
19.5 Küstenschutzmaßnahmen 279
19.5.1 Deiche 279
19.5.2 Sperrwerke 283
19.5.3 Schöpfwerke und Siele 284
19.5.4 Dünen 285
19.5.5 Sandaufspülungen 287
19.5.6 Uferdeckwerke 287
19.5.7 Buhnen, Molen und Wellenbrecher 287
19.5.8 Flächenhafter Küstenschutz 288

Teil IV Schifffahrt
20 Schifffahrtskunde 293

21 Binnenschifffahrt 296
21.1 Bedeutung der Binnenschiffahrt
21.2 Kennzeichen, Bezeichnung und Schallzeichen der Fahrzeuge 297
21.3 Verkehrsvorschriften 299
21.4 Befähigungszeugnisse 301
21.5 Binnenschiffe auf deutschen Wasserstraßen 303
21.6 Schiffsuntersuchung 304
21.7 Schiffseichung 305
21.8 Verkehrssicherungssysteme auf Binnenschifffahrtsstraßen 308

22 Seeschifffahrt 309
22.1 Allgemeines 309
22.2 Kennzeichen, Bezeichnung und Schallzeichen der Fahrzeuge 311
22.3 Verkehrsvorschriften 312
22.4 Befähigungszeugnisse 313
22.5 Schiffssicherheit 313
22.6 Schiffsvermessung 314
22.7 Maritime Verkehrssicherung 314

23 Wasserschutzpolizei 315

Literatur 316
Stichwortverzeichnis 317
Impressum 321

Teil I Verwaltung der Bundeswasserstraßen

1 Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

1.1 Gesetzliche Grundlagen

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist eine Bundesverwaltung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Die rechtliche Grundlage der WSV ist das Grundgesetz (GG). Nach Artikel 89 Abs. 1 GG ist der Bund Eigentümer der früheren Reichs- und heutigen Bundeswasserstraßen. Die Verwaltung dieser Wasserstraßen erfolgt auf der Grundlage des Artikels 87 Abs. 1 in Verbindung mit Artikel 89 Abs. 2 GG in bundeseigener Verwaltung mit eigenem Verwaltungsunterbau. Aufgrund dieser Rechtsgrundlage hat der Bund die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung eingerichtet.

Die Aufgaben der WSV ergeben sich ebenfalls aus dem Grundgesetz, wonach der Bund die Aufgaben der Binnen- und Seeschifffahrt wahrnimmt, die ihm durch Gesetz übertragen werden (vgl. Art. 89 Abs. 2 Satz 2 GG). Die wesentlichen Gesetze sind

das Bundeswasserstraßengesetz,
das Binenschifffahrtsaufgabengesetz,
das Seeaufgabengesetz,
das Bundeswasserstraßenvermögensgesetz.

1.2 Die Aufgaben der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung

Das Bundeswasserstraßengesetz regelt die Verwaltung der Bundeswasserstraßen:

- Unterhaltung der Bundeswasserstraßen
  Erhaltung des ordnungsgemäßen Zustandes für den Wasserabfluss und Erhaltung der Schifffbarkeit, z. B. durch Räumung, Feihaltung, Schutz und Pflege des Gewässerbettes bzw. der Fahrrinne und der Ufer, Beseitigung und Verhütung von Schäden.
- Betrieb und Unterhaltung der bundeseigenen Schifffahrtsanlagen (Schleusen, Wehre, Schutzhäfen usw.)
- Aus- und Neubau der Bundeswasserstraßen einschl. der wasserwegerechtlichen Aufgaben (z. B. Planfeststellung)
- Setzen und Betreiben der Schifffahrtszeichen
  Bau, Unterhaltung und Betrieb der bundeseigenen Schifffahrtszeichen und Überwachung der Schifffahrtszeichen Dritter
- Strompolizei
  Abwehr von Gefahren durch strompolizeiliche Verfügungen und Strompolizeiverordnungen, Erteilen von strom- und schifffahrtspolizeilichen Genehmigungen für Benutzung sowie Errichtung, Veränderung und Betrieb von Anlagen in, über oder unter einer Bundeswasserstraße oder am Ufer
- Wasserstands- und Hochwassermeldedienst
  Pegelmessungen, Wasserstandsbeobachtungen, Messen, Sammeln und Auswerten von gewässerkundlichen Daten
- Eisbekämpfung zum Schutz der Wasserstraße als Verkehrsweg
- Brandbekämpfung auf Seewasserstraßen
- Fiskalische Verwaltung der Liegenschaften
- Vermessung und Kartenherstellung (Eigentumsgrenzen, Gewässersohle, Uferbereiche, Wasserspiegel usw.)
- Wasserbauliche Maßnahmen für die Bundeswehr.

Nach dem „Gesetz zur Neuregelung des Wasserrechts“ (WHG) vom 31.07.2009, das am 01.03 2010 in Kraft tritt, ist die WSV als Eigentümerin der Bundeswasserstraßen für deren wasserwirtschaftliche Unterhaltung verantwortlich, soweit Landesrecht nichts anderes vorsieht. Dazu gehört insbesondere die Pflege und Entwicklung der Bundeswasserstraßen. Eine neue Aufgabe ist außerdem die Herstellung der Durchgängigkeit von Stauanlagen an Bundeswasserstraßen.

Durch das Binnenschifffahrtsaufgabengesetz sind dem Bund folgende Aufgaben auf dem Gebiet der Binnenschifffahrt übertragen worden:

- Förderung der Binnenflotte und des Binnenschiffsverkehrs
- Abwehr von Gefahren für die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs (z. B. Androhung von Ordnungswidrigkeiten)
- Verhütung der von der Schifffahrt ausgehenden Gefahren (Überwachen und Genehmigung der Beförderung gefährlicher Güter, Schiffsuntersuchung, Schifferpatente usw.)
- Schiffseichung
- Ausstellung von Befähigungszeugnissen und Bescheinigungen über Bau, Ausrüstung, Betrieb und Bemannung der Fahrzeuge
- Erhebung von Abgaben (Liegegelder, Frachtgelder)
- Festsetzung bestimmter Lade- und Löschzeiten (in Abstimmung mit den Ländern)
- Binnenschifffahrtsstatistiken.

Durch das Seeaufgabengesetz sind dem Bund folgende Aufgaben auf dem Gebiet der Seeschifffahrt übertragen worden:

- Förderung der deutschen Handelsflotte
- Aufgaben der Verkehrssicherheit (z. B. Schifffahrtspolizei/Gefahrenabwehr, Seelotswesen, Seeunfalluntersuchung)
- Aufgaben der Schiffssicherheit (z. B. Überwachung der vorgeschriebenen Bauart und Ausrüstung von Seeschiffen, Prüfung von Anlagen, Instrumenten und Geräten, Schiffsvermessung)
- Hilfsdienste zur Unterstützung der Sicherheit und des Ablaufs des Seeverkehrs (z. B. Vorsorge für Such- und Rettungsdienste, nautische und hydrographische Dienste, amtliche Seekarten und nautische Veröffentlichungen).

Die Schadstoffunfallbekämfung erfolgt in Zusammenarbeit mit anderen Bundesdienststellen und den Küstenländern.

Das Bundeswasserstraßenvermögensgesetz ist die Grundlage für die fiskalische Verwaltung der Wasserstraßen.

1.3 Ausgewählte wasserstraßenübergreifende Aufgaben

Bauwerksinspektion

Die Bauwerksinspektion umfasst die Prüfung, die Überwachung und die Besichtigung der in der Unterhaltungslast der WSV stehenden Bauwerke.

Die alle 6 Jahre durchzuführende Bauwerksprüfung ist eine eingehende Überprüfung der – auch der schwer zugänglichen – Anlagenteile eines Bauwerkes durch sachkundiges Ingenieurpersonal unter Anwendung technischer Hilfsmittel. Hierzu ist es z. B. auch erforderlich, Bauwerksteile wie Fundamente frei zu graben oder Schleusenkammern oder Wehrfelder vollständig trocken zu legen. Die Bauwerksprüfung beurteilt den Zustand der Bauwerke hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Ge-

brauchstauglichkeit, soweit dies für die Sicherheit und Ordnung der Anlagen und deren Verkehrssicherheit erforderlich ist.
Die alle 3 Jahre durchzuführende Bauwerksüberwachung ist eine intensive, erweiterte Sichtprüfung der Bauwerke durch sachkundiges Ingenieurpersonal ohne größeren technischen Aufwand. Die Bauwerksüberwachung beurteilt den Zustand der Bauwerke hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit, soweit dies für die Sicherheit und Ordnung der Anlagen und deren Verkehrssicherheit erforderlich ist.
Die jährlich durchzuführende Bauwerksbesichtigung ist die Kontrolle der Bauwerke auf offensichtliche Schäden durch sachkundiges Personal, welches in das Tragverhalten und die Funktionsweise der Bauwerke eingewiesen ist. Die Bauwerksbesichtigung erstreckt sich auf den allgemeinen baulichen Zustand der Bauwerke, soweit dies für die Sicherheit und Ordnung der Anlagen und deren Verkehrssicherheit erforderlich ist.
Unabhängig von den planmäßigen Bauwerksinspektionen sind unter bestimmten Voraussetzungen Bauwerksprüfungen oder –überwachungen „aus bestimmtem Anlass“ durchzuführen. Eine Prüfung aus bestimmtem Anlass ist vor allem auch dann vorzunehmen, wenn im Rahmen von Bau- oder Unterhaltungsarbeiten Bauteile inspiziert werden können, die ansonsten nicht oder nur schwer zugänglich sind.
Zur Bauwerksinspektion gehören auch vermessungstechnische Bauwerksinspektionsmessungen.

Verkehrssicherung

Es ist Aufgabe der WSV, den für den durchgehenden Schiffsverkehr zur Verfügung gestellten Verkehrsweg im Rahmen des Möglichen und Zumutbaren zu sichern. Insbesondere hat sie dafür zu sorgen, dass der Verkehrsweg die für die zugelassene Schifffahrt erforderliche Breite und Tiefe besitzt.
Die Verkehrssicherungspflicht erstreckt sich räumlich auf

- das Fahrwasser als dem nach dem jeweiligen Wasserstand für die durchgehende Schifffahrt bestimmten Teil der Wasserstraße und
- die Fahrrinne als Teil des Fahrwasses, in dem für den durchgehenden Schiffsverkehr bestimmte Breiten und Tiefen vorhanden sind, deren Erhaltung von der WSV im Rahmen des Möglichen und Zumutbaren angestrebt wird.

Hinsichtlich der Fahrrinne ist durch regelmäßige Kontrollen dafür zu sorgen, dass

- sie die vorzuhaltende Breite und Tiefe hat
- sie frei von Schifffahrtshindernissen ist und
- Schifffahrtshindernisse bezeichnet und bekannt gemacht werden, solange sie nicht beseitigt sind.

Im Fahrwasser außerhalb der Fahrrinne sind Schifffahrtshindernisse, sobald sie bekannt werden, unverzüglich zu bezeichnen oder auf andere Weise der Schifffahrt bekannt zu machen.
Zur Wahrnehmung dieser Verpflichtung setzt die WSV die verschiedensten Messgeräte und Messverfahren ein. Diese Geräte und Verfahren sind nach allgemeiner Rechtsprechung im Rahmen des Möglichen und Zumutbaren den allgemeinen Regeln der Technik anzupassen, um zu gewährleisten, dass im Hinblick auf den wirtschaftlichen Aufgabenvollzug das jeweils wirtschaftlichste Messverfahren mit ausreichender Genauigkeit eingesetzt wird.
In der Regel werden mehrmals im Jahr planbare 3-Linien-Längspeilungen oder Flächenmessungen durchgeführt.

Strompolizei

Nach § 24 Abs.1 Bundeswasserstraßengesetz haben die Behörden der WSV die Aufgabe, zur Gefahrenabwehr Maßnahmen zu treffen, die nötig sind, um die Bundeswasserstraßen in einem für die Schifffahrt erforderlichern Zustand zu erhalten (Strompolizei).

Rechtliche Mittel der Strompolizei sind u. a. Strompolizeiverordnungen der Wasser- und Schifffahrtsdirektionen und strompolizeiliche Verfügungen der Wasser- und Schifffahrtsämter.

Strompolizeiverordnungen werden z. B. erlassen zum Schutz von Betriebsanlagen.

Strompolizeiliche Verfügungen werden z. B. erlassen zur

- Beseitigung von widerrechtlich errichteten Bauwerken (z. B. ungenehmigte Bootsstege)
- Mängelbeseitigung an baulichen Anlagen Dritter
- Bergung von untergegangenen Fahrzeugen oder Anlagen aus der Wasserstraße.

Verstöße gegen Vorschriften des Wasserstraßengesetzes sowie gegen Verordnungen oder Verwaltungsakte, die nach dem Wasserstraßengesetz erlassen wurden, werden strompolizeilich als Ordnungswidrigkeiten behandelt. Hierzu zählen:

- Verstöße gegen die Betriebsanlagenverordnung
- Zuwiderhandlungen gegen Auflagen in den strom- und schifffahrtspolizeilichen Genehmigungen.

Wasserstraßenüberwachung

Die Wasserstraßenüberwachung dient der Aufrechterhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf den Bundeswasserstraßen.

Im Rahmen der Wasserstraßenüberwachung stehen der WSV folgende Instrumente zur Verfügung:

- Erteilung von strom- und schifffahrtspolizeilichen Genehmigungen für die Einrichtung und den Betrieb von Anlagen im Bereiche von Bundeswasserstraßen.

  Dritte benötigen für die Errichtung, die Veränderung und den Betrieb von Anlagen in, über oder unter einer Bundeswasserstraße oder an ihrem Ufer sowie für Benutzungen (z. B. Entnehmen und Einleiten von Wasser und Stoffen) der Bundeswasserstraße eine strom- und schifffahrtspolizeiliche Genehmigung des zuständigen Wasser- und Schifffahrtsamtes. Durch Auflagen und Bedingungen in den Genehmigungen wird eine Beeinträchtigung des für die Schifffahrt erforderlichen Zustandes der Bundeswasserstraße oder der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs verhütet oder ausgeglichen. Anlagen, die genehmigt werden, sind z. B. Kreuzungen mit Leitungen mittels Düker oder als Freileitungen, Entnahme und Einleiten von Kühlwasser, Herstellen eines Anlegers.
- Bearbeitung von Stellungnahmen zu Vorhaben öffentlicher Verwaltungen und sonstiger Dritter an Bundeswasserstraßen.

  Stellungnahmen werden abgegeben zu Fachplanungen anderer Behörden, soweit der eigene Zuständigkeitsbereich berührt wird. Zu diesen Planungen zählen z. B. Landes- und Regionalplanungen, Raumordnungsverfahren und Bauleitplanung.

  Stellungnahmen zu Vorhaben Dritter werden abgegeben, wenn jemand ein eigenes Grundstück unmittelbar an der Bundeswasserstraße bebauen möchte.
- Abschluss von Verwaltungsvereinbarungen und Verwaltungsabkommen.

Unterhaltungsbaggerungen

Baggerungen sind erforderlich, um der Schifffahrt die erforderliche Breite und Tiefe der Fahrrinne bzw. des Fahrwassers zur Verfügung stellen zu können.

Ein Fluss führt natürliche Mineralstoffe wie Sand und Kies als Geschiebe und Schwebstoffe sowie Schwebstoffe organischen Ursprungs mit sich. Dieses Material sinkt als Sediment auf den Grund, wenn sich die Fließgeschwindigkeit des Flusses verringert, also dort, wo der Fluss breiter wird, in ruhigen Buchten und Hafenbecken. Dadurch kann eine natürliche Sohle aus Mineralien verschiedener Größe entstehen, die den Flusslauf stabilisiert, es können sich aber auch Fehltiefen, Sanddünen und Schlickinseln bilden, die das Flussbett verlagern.
Im Seebereich werden Sedimente in die Flussläufe eingetragen, die sich aufgrund der Meeresströmungen, der Gezeiten und des Seegangs in den Wasserstraßen ablagern.
Sedimente werden dort gebaggert, wo sie Störungen verursachen. Der Umfang der Unterhaltungsbaggermengen aus deutschen Gewässern beträgt jährlich ca. 46 Mio. m^3, die sich wie folgt verteilen:

Seeschifffahrtsstraßen	76 %
Seehäfen	13 %
Binnenschifffahrtsstraßen	7 %
Binnenhäfen	2 %
Talsperren	2 %.

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung ist zuständig für die Baggerung der Seeschifffahrtsstraßen und der Binnenschifffahrtsstraßen einschließlich der zugehörigen Schutzhäfen sowie der beiden Talsperren Edersee und Diemelsee.
Den weitaus größten Anteil an Baggerungen haben die Ästuare der Nordsee, also die Flussmündungsgebiete der Elbe, der Weser und der Ems, sowie deren Häfen. Dieses Baggergut ist in der Regel frei von Schadstoffen und wird daher an anderer Stelle verklappt.
Der Anteil der Baggerungen in der Ostsee ist gering. Aufgrund der Nährstoffüberfrachtung (Hypertrophie) muss der feinkörnige Schlick mit seinen hohen Anteilen an organischer Substanz als Baggergut an Land untergebracht bzw. behandelt werden.
Unterhaltungsbaggerungen in Flüssen sind Teil einer Geschiebebewirtschaftung, die eine Geschiebeumlagerung und eine Geschiebezugabe umfasst. Das bedeutet, dass an Stellen, an denen die Geschiebetransportkapazität nicht ausreichend ist, gebaggert und dieses Material an Stellen mit ausreichender Geschiebetransportkapazität und Wassertiefe wieder zugegeben wird. Ziel der Geschiebebewirtschaftung ist eine möglichst ausgeglichene Bilanz aus Sedimententnahmen und –zugaben.
In den rund 300 Talsperren und Stauseen in Deutschland bilden sich erhebliche Sedimentablagerungen. Diese werden zu einem kleineren Teil durch gezielten Spülbetrieb an das Unterwasser abgegeben. Wegen des großen Speichervolumens einer Talsperre müssen die Stauseen nur alle 30 bis 60 Jahre geräumt werden. In den kleineren Vorsperren, die das Sediment abfangen, wird häufiger gebaggert.

Eisbekämpfung

Im Rahmen der Unterhaltung der Bundeswasserstraßen hat die WSV den Wasserabfluss und die Erhaltung der Schiffbarkeit zu gewährleisten. Während die Sicherstellung des Wasserabflusses bei freifließenden Flüssen oder bei Eisversetzungen an Wehren für die WSV eine Unterhaltungspflicht darstellt, ist die Erhaltung der Schiffbarkeit auf das wirtschaftlich vertretbare Maß begrenzt. Nach § 35 Abs. 1 WaStrG ist die WSV für die Eisbekämpfung nur zuständig, wenn diese im Interesse der verkehrlichen Nutzung der Bundeswasserstraßen (Binnenwasserstraßen und Seewasserstraßen) erfolgt (z. B. Freihalten der Fahrrinne zur Erhaltung der Schiffbarkeit, Sicherung von Bauwerken und Anlagen der WSV oder des Gewässerbettes einschl. Regelungsbauwerken und Ufersicherungen). Voraussetzung dabei ist, dass die Eisbekämpfung wirtschaftlich vertretbar ist. Weitergehende Verpflichtungen können sich aus Auflagen in Planfeststellungsbeschlüssen oder internationalen Vereinbarungen ergeben. In den Planfeststellungsbescheiden für die Stauanlagen der Mosel ist die WSV z. B. verpflichtet

worden, für die durch den Ausbau erschwerte Eisbekämpfung eine ausreichende Anzahl von Eisbrechern anzuschaffen und zum Einsatz bereitzustellen.
Die Nutzbarkeit der Wasserstraßen erfordert, dass die Schleusen bei längeren Frostperioden funktionsfähig bleiben. Alle neuen Schleusen, insbesondere diejenigen in frostempfindlichen Wasserstraßenabschnitten, sind heute zur Vermeidung der Eisbildung mit Luftsprudelanlagen oder Rührwerken ausgerüstet. Fallweise werden noch zusätzlich Dampfcontainer o. Ä. zum Freieisen der beweglichen Anlagen oder zur Beheizung von Dichtungsschienen oder anderer Teile der Verschlussorgane eingesetzt.
Für die Eisbekämpfung der freien Strecken in Kanälen, Kanaltrogbrücken, staugeregelten und freifließenden Flüssen werden von der WSV Eisbrecher oder eisbrechgeeignete Schlepper vorgehalten oder auch angemietet. Auf Seewasserstraßen werden zur Eisbekämfung überwiegend Schadstoffunfall-Bekämpfungsschiffe eingesetzt, die als Mehrzweckschiffe auch für die Eisbekämpfung konzipiert sind.
Weitere Maßnahmen zur Eisbekämpfung sind

- Einleitung von erwärmtem Wasser aus Kühlsystemen und Vorflutern zum Abschmelzen von Scholleneis
- Gezielte Wasserspiegeländerungen, um das Zusammenwachsen des Scholleneises zu einer geschlossenen Eisdecke zu behindern bzw. bei einsetzendem Tauwetter zu zerbrechen
- Einsatz von Eisäxten, Eissägen und von Greifern und Kompressoren, um örtlich ein Einfrieren von Anlagen und Fahrzeugen zu verhindern.

Schadstoffunfallbekämpfung
Die Schadstoffunfallbekämpfung ist eine der zentralen Aufgaben des Havariekommandos in Cuxhaven. Das Havariekommando wurde als gemeinsame Einrichtung des Bundes und der fünf Küstenländer geschaffen. Es ist im Fall einer schwerwiegenden Havarie für den Einsatz der unterstellten Einheiten des Bundes und der Länder zuständig. Zu den Fachaufgaben des Havariekommandos gehören neben der Schadstoffunfallbekämpfung der Betrieb eines Lagezentrums, das Notschleppen, die Verletztenversorgung, der Brandschutz und die Bergung zur Schadensminderung. Für die Beseitigung einer möglichst großen Bandbreite von Verschmutzungsarten werden Mehrzweckschiffe, Bagger, Katamarane, Klappschiffe, Landungsboote und wattgängige Fahrzeuge vorgehalten. Die Mehrzahl der Fahrzeuge wurde für den Mehrzweckbetrieb konzipiert, sie nehmen also im täglichen Betrieb Standardaufgaben wahr wie Schifffahrtspolizei, Baggerei, Seezeichenaufgaben, Gewässeraufsicht, Bauarbeiten, Schleppen und Eisbrechen.
Der Bund setzt die Schadstoffunfallbekämpfungsschiffe „Neuwerk“, „Mellum“, „Scharhörn“ und „Arkona“ sowie zwei Flugzeuge zur Schadstofferkennung aus der Luft ein.
Entscheidend für die Bewältigung einer Havarie ist in der Regel rasche Schlepperhilfe. Da private Schlepper nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen, wurde ein Notschleppkonzept entwickelt. In der Nordsee sind die Mehrzweckfahrzeuge „Neuwerk“ und „Mellum“ und ein gecharterter Hochseeschlepper und in der Ostsee die Mehrzweckfahrzeuge „Scharhörn“ und „Arkona“ und drei gecharterte Notschlepper in Einsatzbereitschaft.

1.4 Organisatorischer Aufbau

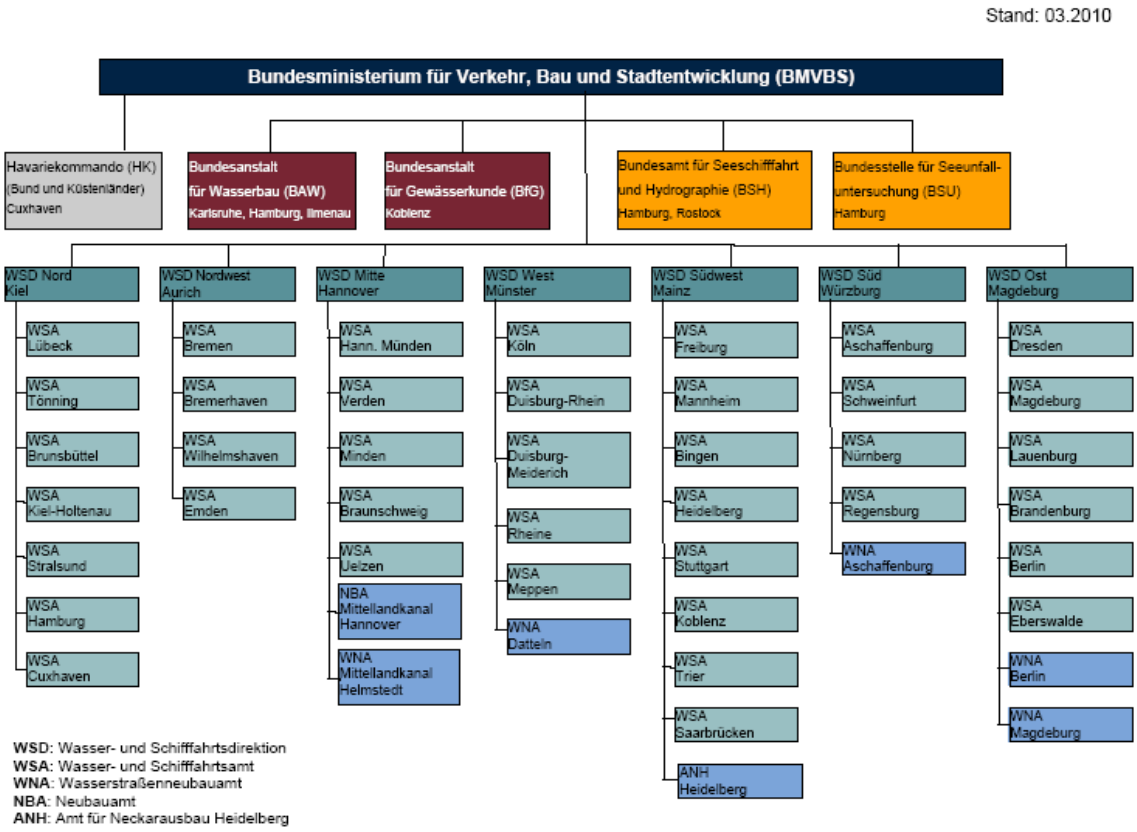
Gemäß Art. 87 Abs. 1 GG wird die Verwaltung der Bundeswasserstraßen und der Schifffahrt in bundeseigener Verwaltung mit eigenem Verwaltungsunterbau durchgeführt. Hierfür wurde eine dreistufige Verwaltungsorganisation eingerichtet (Bild 1-1):

- Zentralinstanz
- Mittelinstanz

- Unterinstanz.

Bei der Zentralinstanz sind zu unterscheiden

- die Oberste Behörde
- Oberbehörden
- Sonderstellen mit Zentralaufgaben.



1-1 Organigramm der WSV

Oberste Behörde für den Bereich der WSV ist das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Die Aufgaben des BMVBS sind

- Leitung und Kontrollfunktion für die gesamte WSV
- Vorbereiten von Gesetzen
- Erlass von Verordnungen, allgemeinen Dienstvorschriften und Richtlinien
- Genehmigung von Vorhaben besonderer technischer und/oder wirtschaftlicher Tragweite
- Anforderung der Haushaltsmittel beim Bundesministerium für Finanzen
- Bereitstellung der Haushaltsmittel
- Dienst- und Fachaufsicht über die unmittelbar nachgeordneten Behörden.

Oberbehörden, die im weiteren Sinne zur WSV gehören, sind

- Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Karlsruhe mit Außenstellen in Hamburg und Ilmenau
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Koblenz
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in Hamburg und Rostock
- Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU) in Hamburg.

Aufgaben dieser Oberbehörden sind Forschung, Beratung und Aufsicht.

Sonderstellen mit zentralen Aufgaben sind einer Behörde außerhalb des BMVBS angegliedert, sie unterstehen fachlich jedoch dem BMVBS. Ein Beispiel für solch eine Sonderstelle ist die Pensionsfestsetzungsbehörde mit Sitz in Münster, die Pensions- und Beihilfeangelegenheiten bearbeitet.

Die Mittelinstanz besteht aus 7 regional aufgeteilten Wasser- und Schifffahrtsdirektionen (WSDn), die dem BMVBS als Mittelbehörden unmittelbar nachgeordnet sind:

WSD Nord	in Kiel
WSD Nordwest	in Aurich
WSD Mitte	in Hannover
WSD West	in Münster
WSD Südwest	in Mainz
WSD Süd	in Würzburg
WSD Ost	in Magdeburg.

Aufgaben der WSDn sind:

- Lenkung der Aufgabenerfüllung
- Koordinierung der verschiedenen Fachaufgaben
- Erteilung von Genehmigungen
- Dienst- und Fachaufsicht über die nachgeordneten Unterbehörden
- Rechtsaufgaben
- Planfeststellungsverfahren.

Die Unterinstanz besteht aus

- 39 Wasser- und Schifffahrtsämtern (WSÄ) und
- 7 Wasserstraßen-Neubauämtern (NBÄ, WNÄ, ANH))

als tragende Organisationseinheiten des äußeren Aufbaus der WSV. Sie unterstehen unmittelbar einer WSD.
Für die Aufgabenerledigung im Amtsbereich stehen den WSÄ Außenbezirke und Bauhöfe zur Verfügung.
Der Außenbezirk ist eine Organisationseinheit des inneren Aufbaus des WSA. Die Außenbezirke stellen eine regionale Unterteilung des Amtsbezirks dar. Den Außenbezirken sind die Betriebsstellen (Schleusen, Wehre, Hebewerke usw.) zugeordnet.
Aufgaben der Außenbezirke sind:

- Strompolizei (Überwachungsaufgaben)
- Schifffahrtspolizeiliche Aufgaben
- Verkehrssicherung
- Wahrnehmung der fiskalischen Eigentümerbefugnisse
- Bautechnische Unterhaltungsaufgaben
- Überwachung und Durchführung von Unterhaltungsaufgaben im Stahlwasserbau
- Betrieb der Schifffahrtsanlagen
- Überwachen der Durchführung von bautechnischen Unterhaltungsarbeiten durch Unternehmer.

Die Bauhöfe sind für die Unterhaltungs- und Instandsetzungsaufgaben im SNEM-Bereich (Schiffbau, Nautik, Elektrik, Maschinenbau) zuständig.
Aufgaben eines Bauhofes sind

- maschinentechnische Unterhaltungsaufgaben an den Schifffahrtsanlagen

- Unterhaltung der verwaltungseigenen Wasserfahrzeuge
- Instandsetzung des WSV-Kom-Netzes (Netz der Kommunikationstechnik)
- Überwachen der Durchführung von maschinentechnischen Unterhaltungsaufgaben (Anlagen und Wasserfahrzeuge) durch Unternehmer.

1.5 Personalvertretung

Der Pers onalrat ist Repräsentant der Beschäftigten, der deren Kollektiv- und Einzelinteressen vertritt. Er setzt sich aus den in der Dienststelle vertretenen Gruppen - Tarifbeschäftigte und Beamte – zahlenmäßig entsprechend der jeweiligen Gruppenstärke zusammen.
Rechtsgrundlage der Personalvertretung ist das Bundespersonalvertretungsgesetz (BpersVG). Danach ist ein Personalrat zu wählen, wenn in der Regel fünf wahlberechtigte Beschäftigte tätig sind, von denen drei wählbar sind. Die regelmäßige Amtszeit beträgt 4 Jahre. Die Dienststelle und die Personalvertretung arbeiten vertrauensvoll zum Wohle der Beschäftigten und zur Erfüllung der der Dienststelle obliegenden Aufgaben zusammen.
Die allgemeinen Aufgaben des Personalrates sind,

- dafür Sorge zu tragen, dass Gesetze, Verordnungen und Tarifverträge eingehalten werden
- Anregungen und Beschwerden entgegen zu nehmen
- Maßnahmen für die Dienststelle und Angehörige zu beantragen
- Beteiligung bei der Auswahl für Aus- und Fortbildungsmaßnahmen
- die berufliche Eingliederung von Schwerbehinderten zu fördern
- mit der Jugendvertretung eng zusammen zu arbeiten
- die Durchsetzung der tatsächlichen Gleichberechtigung von Frauen und Männern, insbesondere bei der Einstellung, Beschäftigung, Aus- und Fortbildung sowie Weiterbildung und dem beruflichen Aufstieg zu fördern
- die Eingliederung ausländischer Beschäftigter in die Dienststelle und das Verständnis zwischen ihnen und den deutschen Beschäftigten zu fördern
- Durchführung einer Personalversammlung, in der der Personalrat über seine Tätigkeit informiert und Anträge der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen entgegennimmt
- zu Prüfungen ein beratendes Mitglied zu entsenden
- Einsatz für Maßnahmen der Unfallverhütung und des Arbeits- und Gesundheitsschutzes
- monatliche gemeinsame Besprechungen mit dem Leiter der jeweiligen Dienststelle.

Neben dem Personalrat der einzelnen Dienststelle gibt es Stufenvertretungen, und zwar bei den Mittelbehörden (WSDn) Bezirkspersonalräte und bei der Obersten Dienststelle (BMVBS) einen Hauptpersonalrat. Haben sich Nebenstellen und Teile einer Dienststelle durch Mehrheitsbeschluss aller Beschäftigten personalvertretungsrechtlich verselbstständigt, wird neben den einzelnen Personalräten ein Gesamtpersonalrat gebildet.
In jedem Kalenderjahr hat der Personalrat in einer Personalversammlung einen Tätigkeitsbericht zu erstatten. Aufgaben und Befugnisse einer Personalversammlung sind darüber hinaus, dass sie dem Personalrat Anträge unterbreitet und zu seinen Beschlüssen Stellung nimmt. Sie darf auch Angelegenheiten behandeln, die die Dienststelle und die Beschäftigten unmittelbar betreffen, insbesondere Tarif-, Besoldungs- und Sozialangelegenheiten.
Das BpersVG unterscheidet bei der Beteiligung des Personalrates zwischen Mitbestimmung, Mitwirkung und Anhörung.
Soweit eine Maßnahme der Mitbestimmung unterliegt, kann sie nur mit seiner Zustimmung getroffen werden.

Soweit der Personalrat bei Entscheidungen mitwirkt, ist die beabsichtigte Maßnahme vor der Durchführung mit dem Ziele einer Verständigung rechtzeitig und eingehend mit ihm zu erörtern.

Bei Dienststellen mit mindestens fünf jugendlichen Beschäftigten und/oder Auszubildenden, die das 25. Lebensjahr am Wahltag noch nicht vollendet haben, und bei der ein Personalrat besteht, ist eine Jugend- und Auszubildendenvertretung zu bilden. Die regelmäßige Amtszeit beträgt 2 Jahre.
Die Aufgaben und Befugnisse der Jugend- und Auszubildendenvertretung sind im Wesentlichen folgende:

- Die allgemeinen Aufgaben bestehen darin,
  - Maßnahmen, die Jugendlichen und Auszubildenden dienen, beim Personalrat zu beantragen
  - zu überwachen, dass die für jugendliche und auszubildende Beschäftigte geltenden Gesetze, Verordnungen, Tarifverträge etc. durchgeführt werden
  - Beschwerden von jugendlichen und auszubildenden Beschäftigten dem Personalrat vorzutragen und auf deren Erledigung zu drängen
- Der Personalrat hat die Jugend- und Auszubildendenvertretung zu unterrichten und auf Verlangen Unterlagen zur Verfügung zu stellen
- Werden Angelegenheiten behandelt, die besonders jugendliche und auszubildende Beschäftigte angehen, hat der Personalrat zu Besprechungen mit dem Dienststellenleiter die Jugend- und Auszubildendenvertretung beizuziehen
- Die Jugend- und Auszubildendenvertretung kann nach Verständigung des Personalrates Sitzungen abhalten, an denen ein Personalratsmitglied teilnehmen kann
- Die Jugend- und Auszubildendenvertretung kann Sprechstunden abhalten
- Einmal im Kalenderjahr hat die Jugend- und Auszubildendenvertretung unter Leitung des Vorsitzenden eine Jugendversammlung abzuhalten und einen Tätigkeitsbericht zu geben. Der Personalratsvorsitzende oder ein anderes bestimmtes Mitglied kann daran teilnehmen
- Jugendstufenvertretungen sind, soweit Stufenvertretungen bestehen, zu bilden. Besteht ein Gesamtpersonalrat, so ist auch eine Gesamtjugend- und Auszubildendenvertretung zu bilden.

1.6 Schwerbehindertenvertretung

Nach dem Sozialgesetzbuch IX sind analog zum Aufbau der Personalvertretungen Schwerbehindertenvertretungen, Gesamtschwerbehindertenvertretungen und Bezirksschwerbehindertenvertretungen einzurichten. Die Vertrauensperson der schwerbehinderten Menschen hat die Eingliederung schwerbehinderter Menschen zu fördern, die Interessen der schwerbehinderten Menschen in der Dienststelle zu vertreten und ihnen beratend und helfend zur Seite zu stehen. Die Vertrauensperson hat das Recht, an allen Sitzungen des Personalrates beratend teilzunehmen. Die regelmäßige Amtszeit beträg 4 Jahre.

1.7 Gleichstellungsbeauftragte

In jeder Dienststelle mit regelmäßig mindestens 100 Beschäftigten ist nach dem Bundesgleichstellungsgesetz aus dem Kreis der weiblichen Beschäftigten eine Gleichstellungsbeauftragte nach geheimer Wahl durch die weiblichen Beschäftigten der Dienststelle zu bestellen. Die Gleichstellungsbeauftragte wird für grundsätzlich 4 Jahre mit der Möglichkeit der Wiederwahl bestellt. Findet sich keine Kandidatin oder ist nach der Wahl keine Kandidatin gewählt, ist die Gleichstellungsbeauftragte aus dem Kreis der weiblichen Beschäftigten von Amts wegen zu bestellen; hierzu bedarf es der Zustimmung der Beschäftigten. Für jede Gleichstellungsbeauftragte ist eine Stellvertreterin zu bestellen.
Die Gleichstellungsbeauftragte und ihre Stellvertreterin dürfen keiner Personalvertretung angehören und nur in ihrer Eigenschaft als Gleichstellungsbeauftragte mit Personalangelegenheiten befasst sein.

Die Gleichstellungsbeauftragte ist unmittelbar der Dienststellenleitung zugeordnet. Sie wirkt bei allen personellen, organisatorischen und sozialen Maßnahmen ihrer Dienststelle mit, welche die Gleichstellung von Frauen und Männern, die Vereinbarkeit von Familie und Erwerbstätigkeit sowie den Schutz vor sexueller Belästigung am Arbeitsplatz betreffen.

2 Bundeswasserstraßen

2.1 Begriffsbestimmung

Die Bundeswasserstraßen (Bild 2-1) gliedern sich nach dem Wasserwegerecht in Binnenwasserstraßen und Seewasserstraßen.

Binnenwasserstraßen des Bundes sind die binnenwärts, also im Bereich des Festlandes gelegenen Wasserstraßen. Unterschieden werden die dem allgemeinen Verkehr dienenden und solche von untergeordneter Bedeutung, die nicht dem allgemeinen Verkehr dienen. Die dem allgemeinen Verkehr dienenden Binnenwasserstraßen sind in der Anlage zum Bundeswasserstraßengesetz aufgeführt.

Seewasserstraßen sind die Flächen zwischen der Küstenlinie oder der seewärtigen Begrenzung der Binnenwasserstraßen und der seewärtigen Begrenzung des Küstenmeeres (Nord- und Ostsee im Bereich des Hoheitsgebietes).

Das Bundeswasserstraßengesetz unterscheidet in Binnen- bzw. Seewasserstraßen, da ihnen unterschiedliche Aufgaben der WSV zugeordnet sind.

Das Schifffahrtsrecht unterteilt die Bundeswasserstraßen entsprechend ihrer überwiegenden Verkehrsnutzung in Binnenschifffahrtsstraßen und Seeschifffahrtsstraßen. Der größte Teil der Binnenwasserstraßen sind zugleich Binnenschifffahrtsstraßen. Werden Binnenwasserstraßen jedoch überwiegend von Seeschiffen befahren – wie der Nord-Ostsee-Kanal und die Unterläufe von z. B. Elbe, Weser und Ems – handelt es sich um Seeschifffahrtsstraßen. Im Übrigen sind alle Seewasserstraßen zugleich Seeschifffahrtsstraßen.

2.2 Funktionen der Wasserstraßen

Wasserstraßen haben folgende Funktionen:

- Schifffahrtsweg
- Verkehrswirtschaftliche Nutzung für den Güterfernverkehr
- Sicherung des Wasserabflusses für den Niedrig- sowie Hochwasserstand
- Entsorgung des Abwassers, Entwässerung
- Weiterleiten von geklärtem Abwasser
- Frisch- und Brauchwasserversorgung
- Trinkwassergewinnung aus Wasserstraßen
- Freizeit, Erholung, Wassersport und Wandern am Ufer
- Fischerei
- Freizeitangeln
- Energiegewinnung durch Wasserkraft.

2.3 Wasserstraßennetz, Wasserstraßenklassifizierung

Das rund 7.300 km lange Netz der Bundeswasserstraßen setzt sich zu etwa aus 76 % natürlichen und geregelten Flussstrecken und 24 % künstlichen Wasserstraßen (Schifffahrtskanälen) zusammen. Rund 800 km des Netzes sind Seeschifffahrtsstraßen und 6.500 km sind Binnenschifffahrtsstraßen.

2-1 Bundeswasserstraßen und Dienststellen der WSV

Die Wasserstraßen unterliegen einer Wasserstraßenklassifikation der Europäischen Verkehrsministerkonferenz (Bild 2-2). Ziel der Klassifizierung der europäischen Binnenwasserstraßen ist die Förderung eines einheitlichen Binnenwasserstraßennetzes.
Grundlage der Klassifizierung sind die räumlichen Abmessungen abgestimmter Schiffstypen, von denen die horizontalen Parameter Länge und Breite die wichtigsten sind. Variabel sind besonders die Abladetiefen und Fixpunkthöhen. Deshalb sind auch die angegebenen Tonnagen nur Orientierungswerte.

Klasse	Motorschiff (MS), Schubverband (SV)				
	Bezeichnung	Länge (m)	Breite (m)	Tiefgang (m)	Tonnage (t)
I	Peniche	38,50	5,05	1,80-2,20	250-400
	Groß Finow	41,00	4,70	1,40	180
II	Kempenaar	50-55	6,60	2,50	400-650
	BM-500	57,00	7,50-9,00	1,60	500-630
III	Gustav Koenigs	67-80	8,20	2,50	650-1.000
	MS: WStr. Oder, Bereich Oder-Elbe	67-70	8,20-9,00	1,60-2,00	470-700
	SV	132,00	9,00	1,60-2,00	1.000-1.200
IV	Johann Welker	80-85	9,50	2,50	1.000-1.500
	SV	85,00	9,50	2,50-2,80	1.250-1.450
V a	Große Rheinschiffe	95-110	11,40	2,50-2,80	1.500-3.000
	SV	110,00	11,40	2,50-4,50	1.600-3.000
V b	SV	185,00	11,40	2,50-4,50	3.200-6.000
VI a	SV	110,00	22,80	2,50-4,50	3.200-6.000
VI b	MS: Ro-Ro, Container	140,00	15,00	3,90	
	SV	195,00	22,80	2,50-4,50	6.400-12.000
VI c	SV	280,00	22,80	2,50-4,50	9.600-18.000
	SV	200,00	34,20	2,50-4,50	9.600-18.000
VII	SV	285,00	34,20	2,50-4,50	14.500-27.000

2-2 Klassifizierung der europäischen Binnenwasserstraßen

Zuordnung der Binnenwasserstraßen des Bundes zu den Wasserstraßenklassen (Auswahl)
Klasse 0 (nicht klassifiziert)
Lahn, Werra
Klasse I
Este, Lühe, Müritz-Elde-Wasserstraße
Klasse II
Aller (Celle bis Verden)
Klasse III
Aller (Verden bis zur Weser), Lesum, Peene (Malchin bis Demmin), Untere Havelwasserstraße UHW (Plaue bis zur Elbe)
Klasse IV

Datteln-Hamm-Kanal DHK, Dortmund-Ems-Kanal DEK (vom WDK bis Papenburg), Elbe-Havel-Kanal EHK, Elbe-Lübeck-Kanal ELK, Havel-Oder-Wasserstraße HOW, Oder, Peene (Demmin bis zur Ostsee), Rhein-Herne-Kanal RHK (km 39,97 bis zum DEK), Saale (Halle-Trotha bis zur Elbe), Teltow-Kanal, Trave (ELK bis Hubbrücke), Untere Havelwasserstraße UHW (Spree bis Plaue), Weser (Fulda/Werra bis Fuldahafen Bremen)

Klasse V a

Elbe (Tschech. Grenze bis Wittenberge), Main (MDK bis Lengfurt), Neckar (Plochingen bis zum Rhein)

Klasse V b

Donau (MDK bis Schwabelweis), Mosel, Dortmund-Ems-Kanal DEK (Dortmund bis zum WDK), Elbe-Seiten-Kanal ESK, Main-Donau-Kanal MDK, Mittelland-Kanal MLK (ausgebaute Strecken), Main (Lengfurt bis zum Rhein), Rhein-Herne-Kanal RHK (Duisburg bis km 39,97), Saar (Völklingen bis zur Mosel), Wesel-Datteln-Kanal WDK (Rhein bis zum DEK), Weser (Fuldahafen Bremen bis Eisenbahnbrücke)

Klasse VI a

Donau (Straubing bis Vilshofen)

Klasse VI b

Rhein (Schweizer Grenze bis Bad Salzig), Donau (Schwabelweis bis Straubing, Vilshofen bis österr. Grenze), Elbe (Wittenberge bis zur Nordsee), Nord-Ostsee-Kanal NOK, Trave (Hubbrücke bis zur Ostsee), Weser (Eisenbahnbrücke Bremen bis zur Nordsee)

Klasse VI c

Rhein (Bad Salzig bis niederl. Grenze).

Teil II Grundlagen

3 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

3.1 Aufgaben

Die Maßnahmen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes sollen Arbeitsunfälle und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren verhüten, aber auch die Arbeit menschengerecht gestalten. Zur Erreichung dieses Zieles hat der Arbeitgeber mögliche Gefahren und Belastungen zu ermitteln und zu beseitigen.

Die von der EU in Rahmenrichtlinien geregelten Grundlagen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes sind durch das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) vom 14.06.1996 in nationales Recht umgesetzt worden.

Gemäß § 4 ArbSchG muss der Arbeitgeber bei Maßnahmen zum Arbeitsschutz u. a. folgende allgemeine Grundsätze beachten:

- Gestaltung der Arbeit
  Eine Gefährdung für Leben und Gesundheit ist möglichst zu vermeiden, die verbleibende Gefährdung ist gering zu halten.
- Bekämpfung der Gefahren
  Gefahren sind an ihrer Quelle zu bekämpfen.
- Ziel der Maßnahmen
  Die Maßnahmen sollen Technik, Arbeitsorganisation, sonstige Arbeitsbedingungen, soziale Beziehungen und Einfluss der Umwelt auf den Arbeitsplatz sachgerecht verknüpfen.
- Durchführung der Maßnahmen
  Die Maßnahmen haben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen.

Der Arbeitgeber hat nach § 3 ArbSchG folgende Grundpflichten.

- Ergreifen der erforderlichen Maßnahmen
- Überprüfen der Wirksamkeit der Maßnahmen
- Anpassen der Maßnahmen an die Verhältnisse
- Schaffen der geeigneten Sicherheitsorganisation
- Bereitstellung der Mittel für die Planung und Durchführung von Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz
- Einbeziehung der Maßnahmen in die Führungsstrukturen
- Ermöglichen, dass das Personal seinen Mitwirkungspflichten nachkommen kann.

3.2 Vorschriften und Regelungen

Die wichtigsten Vorschriften und Regelungen sind:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbschG)
- Arbeitssicherheitsgesetz (AsiG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (BGV)
- Sozialgesetzbuch
- Handbuch zum Arbeitsschutzmanagement (BMVBS)

3.3 Betriebliche Organe

Der Arbeitgeber trägt die grundlegende Verantwortung für die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz im Betrieb. Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz sind kontinuierlich weiter zu entwickeln, denn Arbeitsbedingungen, Technik und arbeitsmedizinische Erkenntnisse verändern sich. Dabei erhält der Arbeitgeber Unterstützung durch die Fachkräfte für Arbeitssicherheit, den Sicherheitsbeauftragten, Betriebsärzte und Ersthelfer. Diese gesetzlich vorgeschriebenen Funktionen werden vom Arbeitgeber benannt.

Fachkräfte für Arbeitssicherheit sind Personen mit einer technischen Ausbildung, die über die zur Erfüllung dieser Aufgabe erforderliche sicherheitstechnische Fachkunde verfügen. Ihre Aufgaben sind in § 6 Arbeitssicherheitsgesetz festgelegt. Sie sollen

- den Arbeitgeber bei allen Fragen der Arbeitssicherheit und der menschengerechten Gestaltung der Arbeit beraten und unterstützen
- die Durchführung des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütung beobachten
- die Beschäftigten zu Fragen des Unfall- und Gesundheitsschutzes beraten und unterweisen sowie auf sicherheitsgerechtes Verhalten aller im Betrieb hinwirken
- regelmäßig die Arbeitsstätten begehen und die Betriebsanlagen, die technischen Arbeitsmittel sowie Arbeitsverfahren überprüfen
- die Ursachen von Arbeitsunfällen untersuchen und auswerten und Maßnahmen zu deren Verhütung vorschlagen
- bei der Schulung der Sicherheitsbeauftragten mitwirken.

Sicherheitsbeauftragte (7. Buch des Sozialgesetzbuches) wachen über die Sicherheitsstandards in einem definierten Bereich. Sie haben sich insbesondere von dem Vorhandensein und der ordnungsgemäßen Benutzung der vorgeschriebenen Schutzeinrichtungen und persönlichen Schutzausrüstungen zu überzeugen und auf bestehende Unfall- und Gesundheitsgefahren aufmerksam zu machen.

Betriebsärzte sollen den Arbeitgeber in allen Fragen des Gesundheitsschutzes unterstützen. Nach § 3 Arbeitssicherheitsgesetz haben sie insbesondere

- den Arbeitgeber und die sonst für den Arbeitsschutz und die Unfallverhütung verantwortlichen Personen zu beraten
- die Arbeitnehmer zu untersuchen, arbeitsmedizinisch zu beurteilen und zu beraten
- die Durchführung des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütung zu beobachten
- darauf hinzuwirken, dass sich alle Beschäftigten den Anforderungen des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütung entsprechend verhalten.

Ersthelfer sind vom Arbeitgeber für Erste-Hilfe-Leistungen bestellt.

3.4 Arbeitsschutzausschuss

In jeder Dienststelle sind nach dem Arbeitssicherheitsgesetz Arbeitsschutzausschüsse zu bilden, die sich aus dem Behördenleiter, zwei Personalratsmitgliedern, dem Betriebsarzt, der Fachkraft für Arbeitssicherheit (Sicherheitsingenieur, Sicherheitsmeister) und den Sicherheitsbeauftragten zusammensetzen.

Der Arbeitsschutzausschuss hat im Wesentlichen folgende Aufgaben:

- Beratung von Einzelproblemen zu Fragen der innerbetrieblichen Arbeitssicherheit und Unfallverhütung
- Erörterung der Ergebnisse von Betriebs- und Arbeitsplatzbegehungen

- Beratung der Ursachen von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten
- Erarbeitung von Vorschlägen über sicherheitstechnische und arbeitsmedizinische Betreuung der Mitarbeiter
- Erarbeitung von Stellungnahmen zu geplanten Neu- und Umbauten, vorgesehenen Arbeitsplatzveränderungen oder Änderungen der Arbeitsabläufe, zur beabsichtigten Neuanschaffung von Arbeitsgeräten und Arbeitsstoffen
- Bewertung der technischen Sicherheit der Maschinen, Anlagen und Geräte
- Einschätzung der Arbeitsumweltbedingungen
- Einflussnahme auf menschengerechte Gestaltung der Arbeitsplätze
- Vorschläge für geeignete persönliche Schutzausrüstungen zu unterbreiten
- Gewährleistung von anforderungsgerechtem Verhalten der Mitarbeiter
- Beraten von Anliegen des Gesundheitsschutzes und Anregen von Verbesserungen.

3.5 Betriebssicherheitsverordnung

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) regelt die Arbeitsschutzanforderungen für die Bereitstellung von Arbeitsmitteln durch den Arbeitgeber, die Benutzung von Arbeitsmitteln durch die Beschäftigten bei der Arbeit sowie den Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen. Arbeitsmittel sind Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder überwachungsbedürftige Anlagen. Zu den überwachungsbedürftigen Anlagen gehören u. a. Druckbehälteranlagen, Leitungen unter innerem Überdruck, Aufzugsanlagen, Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Lageranlagen für entzündliche, leicht entzündliche oder hoch entzündliche Flüssigkeiten.

Jeder Arbeitgeber, der Arbeitsmittel bereitstellt, muss die jeweiligen Gefährdungen systematisch ermitteln und bewerten. Dazu dienen die „Technischen Regeln für Betriebssicherheit“ (TRBS), die u. a. den Stand der Technik wiedergeben.

Eine wichtige Vorschrift der Betriebssicherheitsverordnung stellen die Prüfpflichten dar. Gemäß der Betriebssicherheitsverordnung, in Verbindung mit den Technischen Regeln für Betriebssicherheit 1201 (TRBS 1201) „Prüfung von Arbeitsmitteln und überwachungspflichtigen Anlagen“ sowie der Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV A3) (Berufsgenossenschaftliche Vorschrift) sind z. B. der Arbeitgeber, der Unternehmer und der Betreiber verpflichtet, die ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmittel sowie die ortsveränderlichen Geräte regelmäßig auf ihren ordnungsgemäßen Zustand überprüfen zu lassen. Zu den ortsveränderlichen Geräten, die einer Prüfung unterzogen werden müssen, gehören z. B. Elektrowerkzeuge, Leuchten, Verlängerungsleitungen, Ladegeräte, Geräte der Informationstechnik, Mess-, Steuer- und Regelgeräte.

3.6 Gefährdungsbeurteilung/Gefährdungsanalyse

Eine der grundlegenden Aufgaben des betrieblichen Arbeits- und Gesundheitsschutzes ist es, mögliche Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten festzustellen. Nach dem Arbeitsschutzgesetz ist der Arbeitgeber verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, unabhängig von der Beschäftigtenzahl. Sie besteht aus der Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen am Arbeitsplatz. Bei der Gefährdungsbeurteilung sind die Wechselwirkungen der Arbeitsmittel untereinander oder mit Arbeitsstoffen sowie mit der Arbeitsumgebung zu beachten. Eine Gefährdung kann gegeben sein durch:

- die Arbeitsstätte: Verkehrswege, Beleuchtung, allgemeine Sicherheit
- den Arbeitsplatz: Mobiliar, Fläche
- physikalische, chemische und biologische Einwirkungen: Lärm, Klima, Gefahrstoffe
- Maschinen und Geräte: z. B. Bildschirm

- Arbeitsstoffe: z. B. Lösungsmittel
- Arbeitsabläufe, Arbeitsverfahren
- Arbeitszeit: z. B. Nachtarbeit
- Unzureichende Qualifikation.

Die Gefährdungsbeurteilung/Gefährdungsanalyse ist kein einmaliger Vorgang. Sie sollte als regelmäßiges Verfahren im Betrieb eingeführt werden und damit einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess darstellen. Nach der Gefährdungsbeurteilung werden die Schutzmaßnahmen festgelegt, um die Sicherheit und Gesundheit der Mitarbeiter zu gewährleisten.
Die Beschäftigten sollten aktiv einbezogen werden. Sie werden dabei sensibilisiert und akzeptieren auch Verbesserungsmaßnahmen. Die Eigenverantwortung für gesundheitsgerechtes Verhalten wird dadurch gestärkt.

3.7 Betriebsanweisungen

Betriebsanweisungen sind verbindliche schriftliche Anordnungen des Arbeitgebers zum Schutz vor Unfall- und Gesundheitsgefahren. Sie regeln arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogen das Verhalten der Beschäftigten. Der Arbeitgeber ist nach dem Arbeitsschutzgesetz und u. a. der Gefahrstoffverordnung verpflichtet, Betriebsanweisungen zu erstellen und diese den Beschäftigten zugänglich zu machen. Die Beschäftigten haben die Betriebsanweisungen zu beachten.
Betriebsanweisungen werden für folgende Bereiche erstellt:

- Umgang mit Gefahrstoffen
- Umgang mit Maschinen und Geräten
- Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen, Verfahren und Tätigkeiten
- Umgang mit persönlicher Schutzausrüstung.

Betriebsanweisungen sind in der Regel folgendermaßen aufgebaut:

- Titel: Anwendungsbereich (Arbeitsbereich, Tätigkeit und/oder Gefahrenbezeichnung)
- Gefahren für Mensch und Umwelt
- Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln
- Verhalten im Gefahrfall
- Erste Hilfe
- Sachgerechte Entsorgung
- Folgen bei Nichtbeachtung.

Der Umfang von Betriebsanweisungen sollte zwei DIN A4-Seiten nicht überschreiten. Um die visuelle Aufnahme der Information zu erleichtern, können Symbole, Gebots-, Verbots- und Warnzeichen in die einzelnen Abschnitte eingebaut werden.
Betriebsanweisungen sind an neue Erkenntnisse anzupassen und jährlich zu aktualisieren.
Im Unterschied zur Betriebsanweisung ist eine Betriebsanleitung ein Dokument des Herstellers einer Maschine, das alle Informationen für die bestimmungsgemäße Verwendung und Installation enthält.

3.8 Organisation der Unfallversicherung

Jeder Beschäftigte ist in der Unfallversicherung – einem Zweig der Sozialversicherung – pflichtversichert. Die Beschäftigten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung sind in der Unfallkasse des Bundes (UK-Bund) versichert. Die UK-Bund ist für die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer des Bundes zuständig, im Bereich des Arbeitsschutzes auch für die Beamten des Bundes.
Wichtigste Aufgabe der Unfallversicherung ist die Verhütung von Arbeitsunfällen. Sollte dennoch ein Arbeitsunfall geschehen (Formular 3-1), so hat die Unfallversicherung die weitere Aufgabe, die Fol-

gen eines Unfalles zu mindern oder zu beseitigen. Das geschieht durch Maßnahmen zur Wiederherstellung der Erwerbsfähigkeit, durch Arbeits- und Berufsförderung sowie durch Leistungen in Geld an den Verletzten, seine Angehörigen und Hinterbliebenen.
Die Unfallkasse des Bundes berät und informiert die Versicherten zu allen Fragen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Dazu gehören:

- Gestaltung von Arbeitsstätten (z. B. Bildschirmarbeitsplätze)
- Gerätesicherheit
- Gefahrstoffe
- Lärm und Vibrationen
- Brandschutz
- Persönliche Schutzausrüstung
- Psychische Belastungen
- Gesundheitsförderung und Gesundheitsmanagement.

3.9 Persönliche Schutzausrüstung

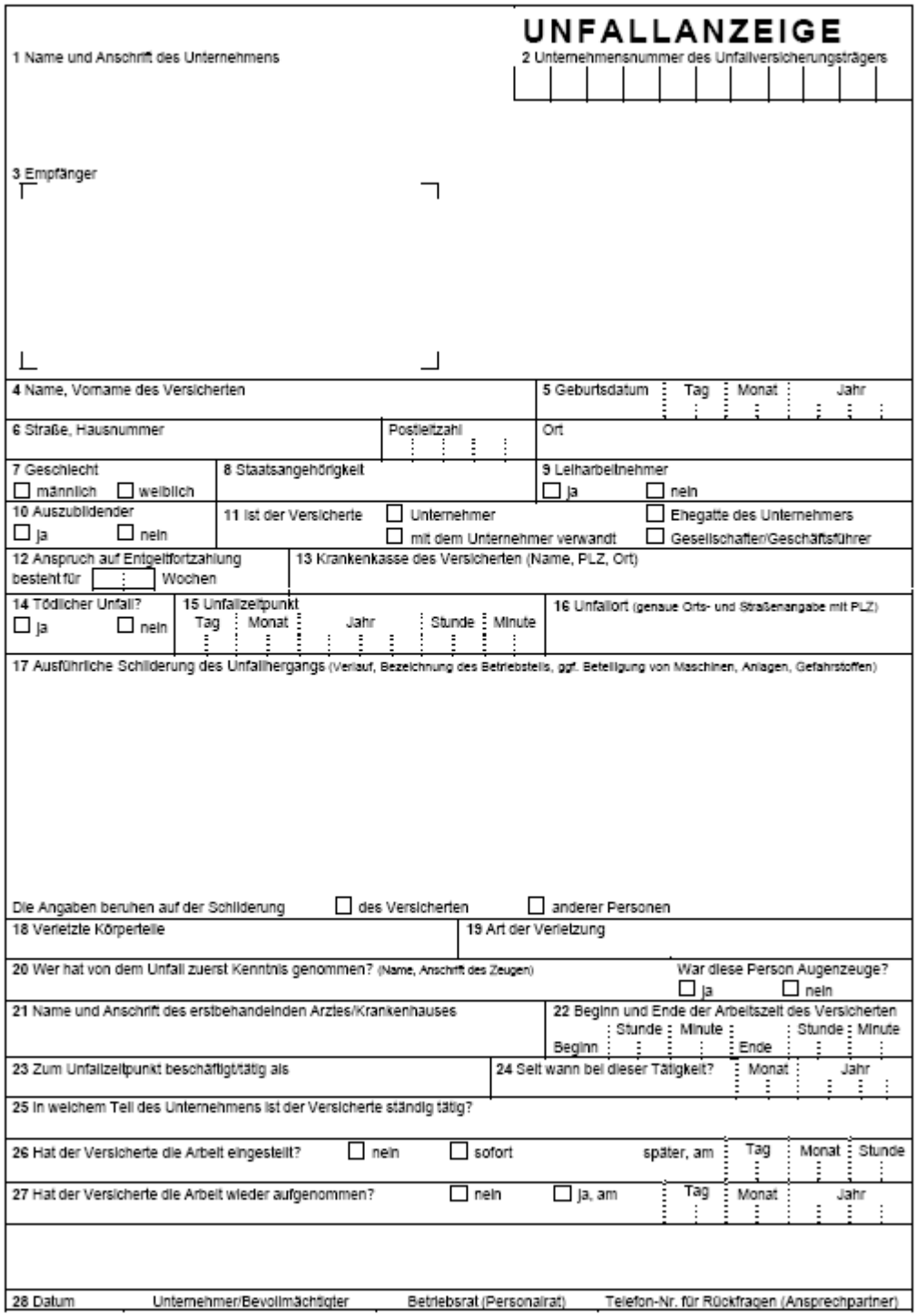
Als persönliche Schutzausrüstung (PSA) gilt jede Ausrüstung, die dazu bestimmt ist, von den Arbeitnehmern benutzt oder getragen zu werden, um sich gegen eine Gefahr für ihre Sicherheit oder Gesundheit bei der Arbeit zu schützen.
Prinzipiell ist die PSA erst dann einzusetzen, wenn alle technischen Schutzmaßnahmen und arbeitsorganisatorischen Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren ausgeschöpft sind und noch immer Restgefahren bestehen. Ist jedoch eine PSA erforderlich, so ist diese vom Arbeitgeber auf seine Kosten zur Verfügung zu stellen.
Arbeitnehmer(innen) sind verpflichtet, die zur Verfügung gestellte PSA zu benutzen. Der Arbeitgeber darf ein dem widersprechendes Verhalten der Arbeitnehmer(innen) nicht dulden. Bei der Benutzung von PSA sind die Angaben des Herstellers einzuhalten.
Die PSA ist für den persönlichen Gebrauch durch eine/n Arbeitnehmer(in) bestimmt. Ist eine Benutzung durch verschiedene Personen unumgänglich, so sind die erforderlichen hygienischen Maßnahmen zu treffen. Die PSA ist unter Berücksichtigung der Verwenderinformationen der Hersteller zu lagern, zu reinigen, zu warten und in funktionsfähigem Zustand zu erhalten.
Persönliche Schutzausrüstungen sind folgende (nicht abschließende Aufzählung):

- Schutz der Augen und des Gesichtes
  Jedem/r Arbeitmehmer(in), für den/die die Möglichkeit einer Gefährdung der Augen oder des Gesichtes besteht, ist ein geeigneter Augenschutz wie Schutzbrille oder Schutzhaube zur Verfügung zu stellen.
- Schutz des Gehörs
  Jedem/r Beschäftigten ist ein geeigneter persönlicher Gehörschutz zur Verfügung zu stellen, wenn die sog. unteren Auslösewerte $L_{EX,8h}$ = 80 dB(A) bzw. $L_{pC,peak}$ = 135 dB (C) nicht eingehalten werden.
  Der Tages-Lärmexpositionspegel ($L_{EX,8h}$) ist der über die Zeit gemittelte Lärmexpositionspegel, bezogen auf eine Achtstundenschicht.
  Der Spitzenschalldruckpegel ($L_{pc,peak}$) ist der Höchstwert des momentanen Schalldruckpegels.
- Schutz des Kopfes
  Jedem/r Arbeitnehmer/in, für den/die durch herabfallende, umfallende oder fortgeschleuderte Gegenstände oder Materialien sowie pendelnde Lasten eine Kopfverletzung besteht oder eine solche durch Anstoßen an Hindernisse zu erwarten ist, ist ein geeigneter Schutzhelm zur Verfügung zu stellen.

- Schutz der Beine
  Jedem/r Arbeitnehmer/in, für den/die die Gefahr von Fußverletzungen durch herabfallende, umfallende oder fortgeschleuderte Gegenstände oder Materialien, durch Treten auf spitze oder scharfe Gegenstände, durch Arbeiten mit oder auf heißen oder sehr kalten Massen besteht, müssen geeignete Sicherheitsschuhe zur Verfügung gestellt werden.
- Schutz gegen Absturz
  Sofern bei Arbeiten an absturzgefährdeten Stellen durch technische Schutzmaßnahmen ein ausreichender Schutz nicht erreicht wird, sind die Arbeitnehmer(innen) durch Anseilen zu sichern.
- Schutz gegen Ertrinken
  Bei Arbeiten im, am, auf und über dem Wasser müssen persönliche Schutzausrüstungen und Rettungsmittel in ausreichernder Zahl zur Verfügung stehen und benutzt werden, wenn die Gefahr des Ertrinkens besteht (Abstand zur Absturzkante < 2,00 m).

Beispiel einer PSA bei Arbeiten mit der Motorsäge:

- Schutzhelm mit Gehör- und Gesichtsschutz
- Arbeitsjacke mit Signalfarben im Schulterbereich
- Arbeitshandschuhe
- Arbeitshose mit Schnittschutzeinlagen
- Schutzschuhwerk mit Schnittschutzeinlagen.



UNFALLANZEIGE

1 Name und Anschrift des Unternehmens

2 Unternehmensnummer des Unfallversicherungsträgers

3 Empfänger

4 Name, Vorname des Versicherten

5 Geburtsdatum Tag Monat Jahr

6 Straße, Hausnummer

Postleitzahl

Ort

7 Geschlecht ☐ männlich ☐ weiblich

8 Staatsangehörigkeit

9 Leiharbeitnehmer ☐ ja ☐ nein

10 Auszubildender ☐ ja ☐ nein

11 Ist der Versicherte ☐ Unternehmer ☐ Ehegatte des Unternehmers ☐ mit dem Unternehmer verwandt ☐ Gesellschafter/Geschäftsführer

12 Anspruch auf Entgeltfortzahlung besteht für ☐ Wochen

13 Krankenkasse des Versicherten (Name, PLZ, Ort)

14 Tödlicher Unfall? ☐ ja ☐ nein

15 Unfallzeitpunkt Tag Monat Jahr Stunde Minute

16 Unfallort (genaue Orts- und Straßenangabe mit PLZ)

17 Ausführliche Schilderung des Unfallhergangs (Verlauf, Bezeichnung des Betriebsteils, ggf. Beteiligung von Maschinen, Anlagen, Gefahrstoffen)

Die Angaben beruhen auf der Schilderung ☐ des Versicherten ☐ anderer Personen

18 Verletzte Körperteile

19 Art der Verletzung

20 Wer hat von dem Unfall zuerst Kenntnis genommen? (Name, Anschrift des Zeugen)

War diese Person Augenzeuge? ☐ ja ☐ nein

21 Name und Anschrift des erstbehandelnden Arztes/Krankenhauses

22 Beginn und Ende der Arbeitszeit des Versicherten Stunde Minute Stunde Minute

Beginn

Ende

23 Zum Unfallzeitpunkt beschäftigt/tätig als

24 Seit wann bei dieser Tätigkeit? Monat Jahr

25 In welchem Teil des Unternehmens ist der Versicherte ständig tätig?

26 Hat der Versicherte die Arbeit eingestellt? ☐ nein ☐ sofort später, am Tag Monat Stunde

27 Hat der Versicherte die Arbeit wieder aufgenommen? ☐ nein ☐ ja, am Tag Monat Jahr

28 Datum Unternehmer/Bevollmächtigter Betriebsrat (Personalrat) Telefon-Nr. für Rückfragen (Ansprechpartner)

U 1000 0802 Unfallanzeige - Neufassung ab 01.08.2002 -

3-1 Formular einer Unfallanzeige

4 Umweltschutz

4.1 Definition

Als Umweltschutz werden alle Maßnahmen zur Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen von Pflanzen, Tieren und Menschen bezeichnet. Diese Lebensgrundlagen sind Boden, Wasser, Luft und Klima, die vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen sind. Die Umweltpolitik strebt bei der Umsetzung der Ziele und Maßnahmen eine Politik der Nachhaltigkeit an. Nachhaltigkeit bedeutet, die heutigen Bedürfnisse so zu befriedigen, dass dadurch künftige Generationen nicht belastet werden. Schwerpunkte der Nachhaltigkeit sind die Schonung der Ressourcen, die Nutzung regenerativer Energien und der Erhalt der Vielfalt der Natur.
Umweltschutz ist Aufgabe jedes einzelnen Menschen, der Staat ist für gesetzliche Regelungen zuständig. Der Staat sollte in seinem betrieblichen Umweltschutz die gestellten Anforderungen selbst erfüllen und dabei eine Vorreiterrolle einnehmen. Die Verantwortung des Staates sollte also in seinem eigenen Handeln einschl. der Vergabe öffentlicher Aufträge zum Ausdruck kommen.
Für den Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung gelten eine Reihe von Gesetzen, Verwaltungsvorschriften und Regelungen, die den Umweltschutz beim Betrieb, bei der Unterhaltung und dem Ausbau der Bundeswasserstraßen regeln. Bei Ausbaumaßnahmen ist der Umweltschutz zu berücksichtigen, er stellt aber keine eigene Zweckbestimmung dar.
Nachfolgend sind einschlägige WSV-Vorschriften genannt:

- VV-WSV 1401, Erlasssammlung zum Umwelt- und Naturschutz
- Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut
- Handlungsanweisung für die Berücksichtigung von Naturschutz und Landschaftspflege bei der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen
- Merkblätter, z. B. zum Einsatz von Ölbindemitteln

4.2 Begriffe, Maßnahmen zum Umweltschutz

4.2.1 Abfall

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) versteht unter Abfällen „bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder muss“. Mit diesem Gesetz wurde aus der Beseitigungswirtschaft eine Kreislaufwirtschaft mit dem Ziel, Abfälle möglichst zu vermeiden und Rohstoffe zu schonen. Dabei soll sich vor allem die Verantwortung der Hersteller für ihre Produkte grundsätzlich über deren gesamten Lebensweg erstrecken.
Grundsätze der Kreislaufwirtschaft sind

- die Vermeidung der Abfälle
- die Verwertung der Abfälle.

Die Abfälle, die nicht verwertet werden können, sind gemeinwohlverträglich zu beseitigen.
Die Kreislaufwirtschaft umfasst außer der Vermeidung und Verwertung von Abfällen auch das Bereitstellen, Überlassen, Sammeln, Einsammeln durch Hol- und Bringsysteme, Befördern, Lagern und Behandeln von Abfällen der Verwertung. Die Beseitigung ist nicht Bestandteil der Kreislaufwirtschaft.

Abfallvermeidung

Abfälle sind möglichst zu vermeiden, insbesondere durch Verminderung der Menge und Schädlichkeit. Stoffe und Produkte sollen also gar nicht erst zu Abfall werden. Möglichkeiten der Abfallverwertung sind:

- Verzicht auf Produkte, die später zu Abfall werden (z. B. durch Nutzung eigener Transportsysteme wie Einkaufstaschen)
- Bevorzugung von wiederverwertbaren Gegenständen (z. B. Mehrweggebinde, Nachfüllsysteme)
- Bevorzugung von langlebigen Gegenständen.

Abfallverwertung (Recycling)
Abfälle lassen sich nicht vollständig vermeiden. Viele unvermeidbare Abfälle können aber in der Regel einer sinnvollen Verwendung zugeführt werden. Im KrW-/AbfG ist geregelt, dass Abfälle stofflich oder energetisch zu verwerten sind.
Die stoffliche Verwertung umfasst

- das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe: z. B. Altpapier, Verpackung aus Glas, Schrott)
- die Nutzung von Abfällen zum ursprünglichen Zweck (z. B. Motorölherstellung aus Altöl) oder zu anderen Zwecken (z. B. Kompost aus Bioabfällen, Gipskartonplatten aus Recyclinggips, Rauhfasertapeten aus Recyclingpapier, aufbereiteter Bauschutt).

Unter energetischer Verwertung ist der Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff zur Gewinnung von Energie zu verstehen, also Ersatz für Kohle, Erdgas, Erdöl.

Abfallbeseitigung
Die Abfallbeseitigung umfasst das Bereitstellen, Überlassen, Einsammeln, Befördern, Behandeln und Lagern von Abfällen zur Beseitigung. Die umweltverträgliche Beseitigung ist ein Ziel des KrW-/AbfG. Nach dessen Grundsätzen der umweltverträglichen Beseitigung sind

- durch die Behandlung von Abfällen deren Menge und Schädlichkeit zu vermindern
- die bei der Behandlung und Ablagerung anfallende Energie und die entsprechenden Abfällle so weit wie möglich zu nutzen.

Abfälle zur Beseitigung sind gemeinwohlverträglich im Inland zu beseitigen. Sollen Abfälle schadlos abgelagert werden, muss eine Abfallbehandlung vorausgehen. Verfahren der Abfallbehandlung sind:

- Kompostierung, Vergärung
- Abfallverbrennung
- Mechanisch-biologische Behandlung
  Die Abfälle werden in unterschiedliche Fraktionen getrennnt und für die Beseitigung oder Verwertung aufbereitet.
- Chemisch-physikalische Behandlung
  Gefährliche Abfälle werden durch Stoffumwandlung (z. B. Oxidation) bzw. Stofftrennung (z. B. Filtrierung) aufbreitet.

Können Abfälle nicht verwertet werden, dürfen sie auf geeignete und genehmigte Deponien verbracht werden. Die Deponien sind in Klassen eingeteilt, die nach den jeweiligen Sicherheitsanforderungen gestaffelt sind.

4.2.2 Emissionen, Immissionen

Emissionen sind die aus Anlagen oder technischen Abläufen in die Luft, das Wasser oder andere Umweltbereiche gelangenden gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffe. Zu den Emissionen zählen neben Luftverunreinigungen auch die von einer Anlage ausgehenden Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme sowie Strahlen.
Die Quellen oder Verursacher von Emissionen heißen Emittenten. Der Vorgang, bei dem sich Luftschadstoffe in der Umwelt ausbreiten, wird als Transmission bezeichnet.

Die von Emittenten ausgehenden Emissionen führen in der Umwelt zu Immissionen.
Immissionen sind die auf Menschen, Tiere, Pflanzen, die Atmosphäre, den Boden, das Wasser und sonstige Umweltbereiche einwirkenden Luftverunreingungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme und Strahlen.
Führen Immissionen zu Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen für die Allgemeinheit, handelt es sich um schädliche Umwelteinwirkungen.
Die rechtliche Grundlage des Immissionsschutzes ist das Bundesimmissionsschutzgesetz (BimSchG).
Maßnahmen des Immissionsschutzes sind z. B.:

- Vermeidung von Emissionsquellen (z. B. durch Verbote bestimmter Stoffe)
- Reduzierung von Emissionen am Entstehungsort (z. B. durch schadstoffarme Brennstoffe, Filter)
- Einschränkung der Emissionen durch zeitliche Begrenzung (z. B. Nachtflugverbote)
- Schallschutzmaßnahmen.

Die Immissionskonzentration gibt den Umfang der Immission eines Stoffes an. Um nachteilige Wirkungen für Menschen, Tiere und Pflanzen zu verhindern, sind für bestimmte Stoffe Grenzwerte eingeführt worden. Diese Grenzwerte geben die maximale Immissionskonzentration (MIK-Wert) an.
Für die Gesundheit der Beschäftigten am Arbeitsplatz ist der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) maßgebend. Der AGW ist die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, bei der eine akute oder chronische Schädigung derGesundheit der Beschäftigten nicht zu erwarten ist. Bei der Festlegung wird von einer in der Regel achtstündigen Exposition an fünf Tagen in der Woche während der Lebensarbeitszeit ausgegangen. Der Arbeitsplatzgrenzwert wird in mg/m^3 und ml/m^3 (ppm) angegeben.
Der AGW ersetzt die bisherigen Bezeichnungen „Maximale Arbeitsplatzkonzentration“ (MAK) und die „Technische Richtkonzentration“ (TRK).

4.2.3 Reinhaltung des Wassers

Die Aufgabe der Reinhaltung des Wassers besteht in der Erhaltung der Wasserqualität im Wasserkreislauf, insbesondere im Grundwasser und in stehenden und fließenden Oberflächengewässern.
Möglichkeiten einer Verschmutzung des Grundwassers und der Oberflächengewässer sind:

- Unfälle in der Industrie und im Verkehr (Großbrände, Tankerunfälle)
- Pflanzenschutzmittel und Düngemittel in der Landwirtschaft
- ungeklärte Abwässer
- Streusalz.

Maßgebliche Gesetze zur Reinhaltung des Wassers sind das Wasserhaushaltsgesetz als Rahmengesetz des Bundes sowie die Wassergesetze der Länder, die den Vorgaben der europäischen Wasserrahmenrichlinie entsprechen müssen.
Maßnahmen der Reinhaltung des Wassers sind z. B.:

- Reduzierung des Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes in der Landwirtschaft
- ordnungsgemäße Abfallentsorgung
- Rückhalt von Löschwasser
- Vorsorgemaßnahmen für Tankerunfälle.

Betriebliche Maßnahmen zur Reinhaltung des Wassers sind z. B.:

- Beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen:

  - Lagerung und Transport von Ölen und Treibstoffen nur in den vorgeschriebenen Behältern. Zugelassene Höchstmengen nicht überschreiten. Auffanganlagen regelmäßig prüfen und auf Unfälle vorbereitet sein.
  - Chemikalien, Farben, Sondermüll usw. in geeigneten Räumen trocken und hochwasserfrei lagern. Im Brandfall die Gefahr von verunreinigtem Löschwasser beachten.
  - Prüfung aller Lager- und Betriebsräume, ob z. B. über Bodenabläufe innerhalb oder außerhalb dieser Räume z. B. bei Unfällen wassergefährdende Stoffe in die Kanalisation gelangen können.
  - Beim Umgang mit Antifoulingstoffen mit biozider Wirkung (Verarbeitung, Schleifen, Absanden, Reinigen) Brühe auffangen und über den Sondermüll entsorgen
- Verwenden von Verbrauchsstoffen, welche das Wasser weniger belasten (biologisch abbaubar, wasserneutrale Entsorgung):
  - Verwenden von abbaubaren Putz- und Reinigungsmitteln in der angegebenen Dosierung
  - Waschmittel im Baukastenprinzip unter Berücksichtigung der lokalen Wasserhärte verwenden
  - Verwendung lösungsmittel-, schadstoff- und emissionsarmer Farben
- Bevorzugung von Geräten, Werkstoffen, Arbeitsmaterial, Baustoffen und Geräten, welche gewässerschonend hergestellt worden sind:
  - Chlorfrei gebleichtes Papier
  - Bevorzugung von Produkten aus Firmen, welche nach einem Umweltmanagement-Plan (Umwelt-Audit) produzieren
- Bei Vergabe von Dienstleistungen:
  - Möglichst Bevorzugung von Unternehmen, welche Leistungen nach einem Umweltmanagement-Plan (Umwelt-Audit) anbieten
  - Die Verwendung umweltfreundlicher Produkte bei der Vergabe festschreiben
- Beim Umgang mit nicht direkt wassergefährdenden Stoffen:
  - Mäh- und Häckselgut außerhalb von Gewässern lagern bzw. kompostieren, damit Nährstoffe nicht in das Wasser gelangen können und bei Hochwasser kein Treibgut entstehen kann
  - Feststoffe nicht über die Toilette entsorgen
- Regenwasser, welches nicht weiter verwendet wird, vor Ort versickern lassen
- Fahrzeugwäsche nur in zugelassenen Waschanlagen. Diese arbeiten weitgehend im Kreislauf. Öle und sonstige Schadstoffe werden abgeschieden und gesondert entsorgt.

4.2.4 Reinhaltung der Luft

Die Luftverunreinigung ist eine Veränderung der natürlichen Zusammensetung der Luft durch Rauch, Ruß, Staub oder Dämpfe. Diese Verunreinigung wird im Wesentlichen durch die Energieerzeugung, die Produktion in der Industrie und Landwirtschaft sowie den Verkehr verursacht.
Luftschadstoffe können die menschliche Gesundheit beeinträchtigen sowie die Umwelt einschl. des Klimas schädigen. Mögliche Auswirkungen sind Klimaerwärmung durch Treibhausgase (Kohlendioxyd, Methan), saurer Regen und Eutrophierung (Nährstoffanreicherung) durch Schwefeldioxyd, Stickoxyde und Ammoniak sowie Schädigung der Luft durch Staub, Schwermetalle und andere Stoffe.
Um die Luftverunreinigung zu mindern und eine möglichst schadstofffreie Luft zu erzielen, bedarf es internationaler Maßnahmen, denn viele Schadstoffe werden über Ländergrenzen hinweg transportiert.
Maßnahmen zur Luftreinhaltung sind z. B.:

- Festlegung von Emissionshöchstmengen für die von Anlagen ausgehenden Luftverunreinigungen (z. B. bei Kraftwerken, Abfallverbrennungsanlagen)

- Emissionsbegrenzende Anforderungen bei der Herstellung von Produkten (z. B. bei bleifreiem Benzin, emissionsärmeren Farben)
- Festlegung von Qualitätsstandards für Verdichtungsgebiete (z. B. durch Aufstellung von Luftreinhalteplänen).

Die rechtliche Grundlage zur Luftreinhaltung bildet das Bundesimmissionschutzgesetz. Mit diesem Gesetz wurden die Vorgaben aus EG-Richtlinien in nationales Recht umgesetzt. Neben Immissionsschutzverordnungen ist die „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft) die wichtigste Grundlage für die Festsetzung von Grenzwerten für bestimmte Luftschadstoffe und technische Anforderungen.

Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft sind z. B.

- Rauchgasreinigung von Kraftwerken
- Verbesserung der Qualität von Brennstoffen
- Vorgabe von Emissionsgrenzwerten nach dem Stand der Technik
- flächendeckende, kontinuierliche Überwachung der Luftqualität durch Messnetze
- Vorsehen von Luftreinhalteplänen und Aktionsplänen bei Überschreiten der Grenzwerte.

4.2.5 Lärmschutz

Als Lärm werden störender Schall oder störende Geräusche, die von Menschen und der Umwelt verursacht werden, bezeichnet. Beim Lärm handelt es sich – bezeichnet nach der Emissionsquelle – insbesondere um Flug-, Straßen-, Schienen-, Gewerbe-, Sport-, Freizeit- und Nachbarschaftslärm.

Lärm kann die Gesundheit des Menschen gefährden und darüberhinaus auch den Naturhaushalt nachhaltig beinträchtigen. Lärmschutz ist daher eine wichtige Komponente des Umwelt- sowie des Arbeitsschutzes.

Anlagenbezogener Lärmschutz ist im Bundesimmissionsschutzgesetz und den nachgeordneten Lärmschutzverordnungen geregelt. Lärmschutz am Arbeitsplatz regelt das Arbeitsschutzgesetz. Außer den gesetzlichen Regelungen zum Schallschutz gibt es technische Richtlinien, die Mindestanforderungen an den Schallschutz beschreiben.

Bei den Maßnahmen des Lärmschutzes werden aktiver und passiver Lärmschutz unterschieden. Beim aktiven Lärmschutz handelt es sich um Maßnahmen am Emissionsort, während passive Maßnahmen am Immissionsort durchgeführt werden.

- Maßnahmen des aktiven Lärmschutzes
  - Nutzung von lärmarmen Fahrzeugen (z. B. gasbetrieben), Baumaschinen, Geräten
  - Verwendung lärmarmer Reifen
  - Dämmung von Gewerbe- und Industrieanlagen, Kapselung von Antriebsaggregaten
  - Verwendung lärmmindernder Straßenoberflächen
  - Abschirmung durch Lärmschutzwände
  - Eindrücken oder Bohren anstelle des Rammens von Spundwänden
  - Einführen von Flugverboten
- Maßnahmen des passiven Lärmschutzes
  - Verwendung von Lärmschutzverglasung.

4.3 Beachtung des Umweltschutzes bei Unterhaltungsarbeiten

Die Handlungsanweisung für die Berücksichtigung von Naturschutz und Landschaftspflege bei der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen sieht hinsichtlich der Berücksichtigung des Naturschutzes folgende Regelungen vor:

- Soweit anfallendes Gehölzschnittgut nicht als Nutzholz oder anderweitig (z. B. für Lebendbaumaßnahmen oder Benjeshecken) verwertet werden kann, soll es mit einem Häcksler (Buschhacker) zerkleinert und in überflutungsfreien Bereichen zum Mulchen vorhandener Gehölzbestände verwertet werden. Andernfalls soll das zerkleinerte Schnittgut – ebenso wie das Mähgut – an geeigneten Stellen kompostiert werden. Gehölzschnittgut darf – außer in begründeten Ausnahmefällen unter Beachtung ökologischer Erfordernisse und landesrechtlicher Bestimmungen – nicht durch Verbrennen beseitigt werden (es dürfen nur frisch aufgesetzte Haufen ohne Beeinträchtigung von Vegetation und Tierwelt verbrannt werden).
- Ein Abbrennen bzw. Abflämmen der Pflanzendecke ist nicht zulässig.
- Düngemittel, mit Ausnahme von Kompost, sind auf Flächen der WSV nicht einzusetzen.
- Chemische Pflanzenbehandlungsmittel, mit Ausnahme von Wundverschlussmitteln, sind auf Flächen der WSV untersagt.
- Bei allen Begrünungs- und Bepflanzungsmaßnahmen ist auf die Verwendung von Torf und Torfprodukten zu verzichten (diese Materialien stammen aus hochgradig bedrohten und unersetzbaren Ökosystemen und sind an Bundeswasserstraßen für die o. g. Zwecke ohne erkennbaren Vorteil).
- Einsatz umweltschonender Verfahren bei Unterhaltungarbeiten (Abschmieren, Beschichten, Entschichten) an Schleusen, Wehren usw.

5 Baustelleneinrichtung

5.1 Definition

Die Errichtung eines Bauwerkes erfordert eine Baustelle mit den benötigten Einrichtungen. Als Baustelleneinrichtung wird die Summe dieser Einrichtungen bezeichnet. Zu der Baustelleneinrichtung gehören Maschinen, Geräte, Produktions-, Lager-, Transport- und Arbeitsstätten.

Als Bestandteil der Arbeitsvorbereitung ist zunächst eine Planung der Baustelleneinrichtung vorzunehmen. Diese Planung soll die Elemente der Baustelleneinrichtung so dimensionieren und anordnen, dass

- durch geeignete Standorte und Wahl der Hebezeuge keine gegenseitigen Behinderungen auftreten können
- Produktions- und Arbeitsstätten zweckmäßig und sicher angelegt sind
- Lagerstätten eine übersichtliche Lagerung ermöglichen.

Maßgebend für den Umfang der Baustelleneinrichtung sind:

- die Größe der Baumaßnahme
- die vorgesehene Bauzeit
- Größe und Form des Grundstücks sowie die Umgebungssituation
- der Bauwerkstyp
- die Witterungseinflüsse (z. B. Hochwasser).

5.2 Gesetzliche Bestimmungen, Vorschriften

Die wichtigsten Bestimmungen und Vorschriften sind:
Baustellenverordnung (BaustellV)
Arbeitsschutzgesetz (ArbeitsSchG)
Arbeitsstättenrichtlinie (ASR)
Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (BGVa 1)
Unfallverhütungsvorschrift „Bauarbeiten“ (BGV C 22).

5.3 Elemente der Baustelleneinrichtung

Die Elemente der Baustelleneinrichtung werden entsprechend ihrer Funktion wie folgt unterteilt:

- Transport – und Fördereinrichtungen
  - Krane, Hebezeuge
  - Aufzüge, Förderbänder
  - Betonpumpen
- Produktionsbereiche
  - Bauwerk einschließlich Arbeitsraum, Baugrubensicherung, Wasserhaltung
  - Zimmerei mit Reißboden für Schalungsherstellung, Vorrichtplatz
  - Biegeplatz
  - Betonmischanlage (für Baustellenbeton)
  - Fertigteilherstellung
  - Werkstätten
  - Materialaufbereitung (z. B. Recyclinganlagen)
- Lagerbereiche
  - Deponie für Abbruch- und Aushubmaterial
  - Schalungslager
  - Stahllager
  - Mauersteinlager
  - Fertigteillager
  - Lager für Gerüste
  - Magazine
- Verkehrsbereiche
  - An- und Abfahrtswege (zulässige Straßen- und Brückenbelastungen)
  - Baustraßen
  - Umschlagmöglickeiten (Rampen, Anlegestellen)
  - Parkflächen
- Bauleitung, Bauaufsicht
  - Büros für Bauleitung (Auftragnehmer) und Bauaufsicht (Auftraggeber) mit Sanitär- und Besprechungsräumen
- Einrichtungen für das Personal
  - Tages- und Schlafunterkünfte
  - Waschanlagen und Toiletten
  - Kantine
- Einrichtungen zur Unfallverhütung
  - Erste-Hilfe-Einrichtungen
  - Flucht- und Rettungswege

- Ver- und Entsorgungseinrichtungen
  - Stromversorgung
  - Telekommunikationsanschlüsse
  - Wasserversorgung
  - Abwasserentsorgung
  - Energieversorgung
  - Druckluft
  - Abfallentsorgung
- Schutzmaßnahmen (Witterungseinflüsse, Beschädigungen, Diebstahl)
  - Bauzaun, Abdeckplanen
  - verschließbare Container
- Arbeits- und Schutzgerüste
  - Bock-, Leiter-, Hänge- und Systemgerüste.

5.4 Wasserbaustellen

Wasserbaustellen bedürfen besonderer Baustelleneinrichtungselemente sowie zusätzlicher Maßnahmen:

- Sicherheitsausrüstungen
  - Persönliche Schutzausrüstung (PSA) (z. B. Rettungskragen)
  - Personen-Bergungsgerät (bei Arbeiten in Baugruben, Schleusen, Wehren)
  - Rettungsmittel (Rettungsboot, Rettungsring, Rettungsstange)
- Sicherungsmaßnahmen
  - Baustellenpegel
  - Vorhalten von Ölsperren
  - Pumpenwache
- Baugrubeneinfassungen
  - Kanaldielen
  - Spundwände
  - Fangedämme
- Wasserhaltung
  - offene Wasserhaltung
  - Grundwasserabsenkung
- Verkehrssicherungsmaßnahmen
  - Wahrschau
  - Nautischer Informationsdient (NIF)
  - Schifffahrtszeichen
- Wasserbaustellen räumen
  - Beseitigen von Hilfseinrichtungen und Abfallstoffen
  - Rekultivierung
  - Abschlusspeilung.

5.5 Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordinator (SiGeKo)

Auf Baustellen in Deutschland passieren mehr als doppelt so viele Unfälle wie in der gewerblichen Wirtschaft. Mit der „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen“ (Baustellenverordnung-BaustellV) soll durch entsprechende Maßnahmen die Arbeitssicherheit und der Gesundheitsschutz verbessert werden. Zu diesen Maßnahmen gehört auch die Bestellung eines Sicherheits-

und Gesundheitsschutzkoordinators (SiGeKo). Dieser Koordinator ist vom Bauherrn für Baustellen zu bestellen, wenn Beschäftigte mehrerer Arbeitgeber auf der Baustelle tätig werden. Er hat die Aufgabe, den Bauherrn, Architekten und die ausführenden Bauunternehmen bei ihrer Zusammenarbeit im Hinblick auf die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz zu unterstützen und zu beraten. Während der Planung und Ausführung der Baumaßnahme muss er die erforderlichen Maßnahmen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes festlegen, koordinieren und ihre Einhaltung prüfen.
Für die Unterbehörden der WSV (WSÄ, NBÄ) ist der Leiter der Dienststelle verantwortlicher Koordinator, sofern er nicht die Koordination im Sinne der Verordnung delegiert oder vertraglich Dritte mit der Wahrnehmung seiner Pflichten beauftragt hat.
Ein wichtiger Bestandteil der Arbeitsschutzkonzeption ist der „Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan“ (SiGe-Plan). Dieser Plan wird konkret für eine Baumaßnahme erarbeitet. Dem Plan müssen die auf der Baustelle anzuwendenden Arbeitsschutzbestimmungen entnommen werden können. Dazu gehören folgende Maßnahmen bzw. Angaben:

- Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen bei der Zusammenarbeit mehrerer Arbeigeber
- Maßnahmen zur gemeinsamen Nutzung sicherheitstechnischer Einrichtungen
- räumliche und zeitliche Arbeitsabläufe
- gewerkbezogene Gefährdungen
- besondere Maßnahmen für die besonders gefährlichen Arbeiten.

6 Baustoffe, Herstellen von Bauteilen

6.1 Bindemittel

6.1.1 Aufgabe und Einteilung

Bindemittel haben die Aufgabe, Stoffe miteinander bzw. auf einer Unterlage zu verkleben. Anwendungsgebiete sind insbesondere Farben, Baustoffe, Klebstoffe und Holzwerkstoffe. Nachfolgend werden Bindemittel in Baustoffen behandelt.
Bei Bindemitteln in Baustoffen wird unterschieden zwischen organischen (z. B. Bitumen) und anorganischen (mineralischen) Bindemitteln. Im Baubereich werden überwiegend mineralische Bindemittel verwendet. Bei diesen Bindemitteln unterscheidet man zwischen Bindemitteln, die nur an der Luft erhärten (nichthydraulische oder lufthärtende Bindemittel) und Bindemitteln, die sowohl an der Luft als auch unter Wasser erhärten (hydraulische Bindemittel).
Einteilung der Bindemittel:
Nichthydraulische Bindemittel

- Lehm
- Luftkalke
- Gipse
  - Gipse ohne Zusätze
  - Gipse mit Zusätzen

Hydraulische Bindemittel

- Hydraulische Kalke
- Zemente.

6.1.2 Lehm

Lehm ist das älteste im Baubereich verwendete Bindemittel und Baumaterial. Im Gegensatz zu den meisten Baustoffen, die chemisch abbinden, härtet Lehm physikalisch aus. Er ist daher vor Witterung geschützt einzusetzen. Lehm wird für Innenwände, als Mörtel und Putz verwendet.

6.1.3 Baukalke

Baukalke sind Bindemittel für Mauer- und Putzmörtel. Ihre Hauptbestandteile sind Calcium- und Magnesiumoxyd und/oder Calcium- und Magnesiumhydroxid. Baukalkarten sind:

- **Luftkalke**
  Luftkalke erhärten an der Luft. Luftkalkarten sind:
  - Weißkalk (CL 90, CL 80, CL 70) einschl. Muschelkalk und Carbidkalk
  - Dolomitkalk (DL 85, DL 80).

- **Hydraulische Kalke**
  Hydraulische Kalke sind Baukalke, die aufgrund ihrer hydraulischen Bestandteile nicht nur an der Luft, sondern auch unter Wasser erhärten. Hydraulische Kalkarten sind:
  - Hydraulischer Kalk (HL 2, HL 3,5, HL 5)
  - Natürlicher hydraulischer Kalk (NHL 2, NHL 3,5, NHL 5).

6.1.4 Baugipse

Zur Aufschließung wird der Gipsstein gebrannt. Wir unterscheiden Gipssorten ohne Zusätze und solche mit Zusätzen.

- **Gips ohne Zusätze**
  - Stuckgips
    Weiche Konsistenz, relativ schnell erhärtend. Zur Herstellung von Stuckornamenten im Innen – und Außenbereich.
  - Putzgips
    Verarbeitung ist schneller möglich als bei Stuckgips. Zur Verwendung als Hand- oder Maschinenputz.
- **Gips mit Zusätzen**
  - Mörtelgips
    Lange Verarbeitungsmöglichkeit durch Verzögerer. Zur Befestigung von Elektrodosen in Wänden.
  - Maschinenputzgips
    Lange Verarbeitungsmöglichkeit durch Verzögerer. Für maschinellen Putzauftrag an Wand- und Deckenflächen.
  - Haftputzgips
    Gute Haftung durch Stellmittel. Für einlagige Innenputze.
  - Ansetzgips
    Gute Haftung durch Stellmittel. Für Gipskartonplatten.
  - Fugengips
    Langsame Versteifung. Als Kleber für Gipsbauplatten und zu deren Ausfugen.
  - Spachtelgips
    Zusatzmittel sorgt für verzögerte Trocknung und schnelle Härtung. Zum Spachteln von Unebenheiten.
  - Estrichgips
    Durch Zusatzmittel langsame Aushärtung. Einsatz als Estrich.

6.1.5 Zemente

Das Bindemittel Zement wird für die Herstellung von Mörtel, Estrich und Beton verwendet. Es ist ein hydraulisches Bindemittel, das sowohl an der Luft als auch unter Wasser erhärtet. Zement und Wasser verbinden sich zu Zementleim, der durch die sog. Hydratation zu Zementstein erhärtet.

Herstellung des Zementes

Ausgangsstoffe des Zementes sind Kalkstein und Ton. Die aufbereiteten Rohstoffe werden zu Zementklinkern gebrannt und anschließend gemahlen. Die Bezeichnung „Klinker" stammt aus der Frühzeit der Zementherstellung, als das Rohstoffgemisch noch in Form von Ziegeln gebrannt wurde. Das Mahlen erfolgt in Rohrmühlen, dabei werden die Portlandzementklinker ja nach Zementart allein oder in Verbindung mit Hüttensand, Puzzolanen (z. B. Trass), Flugasche, gebranntem Schiefer, Silicastaub oder Kalksteinmehl fein gemahlen.

Zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften können Zemente als Nebenbestandteil bis zu 5 Masseprozent anorganische oder mineralische Stoffe enthalten.

Zur Regelung des Erstarrens werden dem Zement in geringen Mengen Calciumsulfat (Gips und/oder Anhydrit) zugegeben.

Zusätze dienen der Verbesserung der Zementherstellung oder der Zementeigenschaften.

Zementarten

In der europäischen Zementnorm sind 27 in Europa gebräuchliche, in ihrer Zusammensetzung unterschiedliche Zementarten (Tabelle 6-1) aufgeführt. Zemente mit besonderen Eigenschaften sind ebenfalls genormt.

Die Zemente werden in 5 Hauptarten unterschieden:

- CEM I Portlandzement
- CEM II Portlandkompositzement
- CEM III Hochofenzement
- CEM IV Puzzolanzement
- CEM V Kompositzement.

Zemente mit besonderen Eigenschaften sind:

LH: Zement mit niedriger Hydratationswärme (Low Heat of Hydratation)
VLH: Zement mit sehr niedriger Hydratationswärme (Very low Heat of Hydratation)
SR: Zement mit hohem Sulfatwiderstand
NA: Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt
FE: Zement mit frühem Erstarren
SE: Zement mit schnellem Erstarren
HO: Zement mit erhöhtem Anteil an organischen Zusätzen

Zemente mit geringerer Hydratationswärmeentwicklung sind für massige Bauteile sowie für hohe Außentemperaturen geeignet.

Zemente mit hohem Sulfatwiderstand eignen sich besonders für Bauwerke in aggressivem Wasser. Diese Eigenschaft haben alle Hochofenzemente CEM III/B.

Zemente mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt eignen sich für Bauteile, die mit alkaliempfindlichen Gesteinskörnungen hergestellt werden.

Puzzolane (z. B. Trass) haben eine besondere Bedeutung für den Wasserbau. Durch diesen Zement erhält der Beton eine gute Verarbeitbarkeit, seine Elastizität, Dichtigkeit, Risssicherheit und Wider-

standsfähigkeit werden erhöht. Dieser Zement ist besonders für die Herstellung von Massenbeton geeignet.

Zementart			Portland-zement-klinker	Weitere Hauptbestandteile neben Portlandzementklinker		Neben-bestand-teile
Hauptart	Benennung	Kurzzeichen	Anteil in M.-%	Art	Anteil in M.-%	Anteil in M.-%
CEM I	Portlandzement	CEM I	95-100	-	0	0-5
CEM II	Portlandhütten-zement	CEM II/A-S	80-94	Hütten-sand (S)	6-20	0-5
		CEM II/B-S	65-79		21-35	0-5
	Portlandsilicastaub-zement	CEM II/A-D	90-94	Silicastaub (D)	6-10	0-5
	Portlandpuzzolan-zement	CEM II/A-P	80-94	natürliches Puzzolan (P)	6-20	0-5
		CEM II/B-P	65-79		21-35	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	künstliches Puzzolan (Q)	6-20	0-5
		CEM II/B-Q	65-79		21-35	0-5
	Portlandflugasche-zement	CEM II/A-V	80-94	kieselsäurereiche Flugasche (V)	6-20	0-5
		CEM II/B-V	65-79		21-35	0-5
		CEM II/A-W	80-94	kalkreiche Flugasche (W)	6-20	0-5
		CEM II/B-W	65-79		21-35	0-5
	Portlandschiefer-zement	CEM II/A-T	80-94	gebrannter Schiefer (T)	6-20	0-5
		CEM II/B-T	65-79		21-35	0-5
	Portlandkalkstein-zement	CEM II/A-L	80-94	Kalk-stein (L)	6-20	0-5
		CEM II/B-L	65-79		21-35	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	Kalk-stein (LL)	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79		21-35	0-5
	Portlandkomposit-zement	CEM II/A-M	80-94	alle Hauptbestandteile sind möglich (S, D, P, Q, V, W, T, L, LL)	6-20	0-5
		CEM II/B-M	65-79		21-35	0-5
CEM III	Hochofenzement	CEM III/A	35-64	Hüttensand (S)	36-65	0-5
		CEM III/B	20-34		66-80	0-5
		CEM III/C	5-19		81-95	0-5
CEM IV	Puzzolan-zement	CEM IV/A	65-89	Puzzolane (D, P, Q, V)	11-35	0-5
		CEM IV/B	45-64		36-55	0-5
CEM V	Komposit-zement	CEM V/A	40-64	Hüttensand (S) und Puzzolane (P, Q, V)	18-30	0-5
		CEM V/B	20-38		31-50	0-5

6-1 Zementarten und Zusammensetzung nach DIN EN 197-1

Zementfestigkeitsklassen

Die wichtigste Eigenschaft des Zementes ist seine Druckfestigkeit. Die Zemente werden unterteilt in drei Festigkeitsklassen: 32,5 – 42,5 – 52,5 (Tabelle 6-2).

Diese Mindestfestigkeitsklasse wird in N/mm^2 nach 28 Tagen angegeben.

Zemente werden nach ihrer Anfangsfestigkeit weiter unterteilt in

- üblich erhärtende Zemente (Kennbuchstabe N)
- schnell erhärtende Zemente (Kennbuchstabe R).

Hochofenzemente mit niedriger Anfangsfestigkeit sind mit dem Kennbuchstaben L gekennzeichnet.

Sonderzemente mit sehr niedriger Hydratationswärme sind in der Festigkeitsklasse 22,5 eingestuft.

Zemente mit höherer Druckfestigkeit werden vor allem durch die höhere Mahlfeinheit gewonnen. Sie entwickeln eine höhere Hydratationswärme und eine schnellere Anfangsfestigkeit.

Die 28-Tage-Druckfestigkeit der Festigkeitsklassen 22,5, 32,5 und 42,5 ist nicht nur nach unten, sondern auch nach oben (Höchstdruckfestigkeit) begrenzt. In allen Festigkeitsklassen wird auch die Festigkeit nach zwei bzw. sieben Tagen angegeben.

Festigkeits-klasse	Druckfestigkeit [N/mm^2]			
	Anfangsfestigkeit		Normfestigkeit	
	2 Tage	7 Tage	28 Tage	
	mindestens	mindestens	mindestens	höchstens
22,5	-	-	22,5	42,5
32,5 L	-	12,0	32,5	52,5
32,5 N	-	16,0	32,5	52,5
32,5 R	10,0	-	32,5	52,5
42,5 L	-	16,0	42,5	62,5
42,5 N	10,0	-	42,5	62,5
42,5 R	20,0	-	42,5	62,5
52,5 L	10,0		52,5	-
52,5 N	20,0	-	52,5	-
52,5 R	30,0	-	52,5	-

6-2 Anforderungen an die Festigkeitsklassen

Beispiele für die Normbezeichnungen der Zemente

1. Bezeichnung eines Portlandzementes der Festigkeitsklasse 32,5 N mit üblicher Anfangsfestigkeit:
   Portlandzement: EN 197 – 1 – CEM I 32,5 N

2. Bezeichnung eines Portlandhüttenzementes mit einem Massenanteil von Hüttensand zwischen 21 % und 35 %, der Festigkeitsklasse 32,5 R mit hoher Anfangsfestigkeit und niedrigem wirksamen Alkaligehalt:
   Portlandhüttenzement: DIN 1164 – CEM II/B-S 32,5 R – NA

3. Bezeichnung eines Hochofenzementes mit einem Massenanteil von Hüttensand zwischen 66 % und 80 %, der Festigkeitsklasse 42,5 N mit üblicher Anfangsfestigkeit und hohem Sulfatwiderstand:
   Hochofenzement: DIN 1164 – CEM III/B 42,5 N – SR

Lagerung von Zement auf der Baustelle

Zement nimmt bei ungeschützter Lagerung schnell Feuchtigkeit auf, die zu einer Verringerung der Festigkeit führen kann. Er sollte daher möglichst im Trockenen gelagert werden.
Eine vorübergehende Lagerung von Sackzement auf der Baustelle erfordert eine belüftete Kantholzunterlage sowie eine Abdeckung mit Kunststofffolien oder Planen. Dabei ist darauf zu achten, dass das Abdeckmaterial die Säcke nicht berührt, da Kondenswasser zu Feuchtigkeit führt.
Zement der Festigkeitsklasse 52,5 N und 52,5 R sollte maximal einen Monat, die anderen Zemente sollten maximal zwei Monate gelagert werden.

6.2 Natursteine

6.2.1 Entstehung der Gesteine

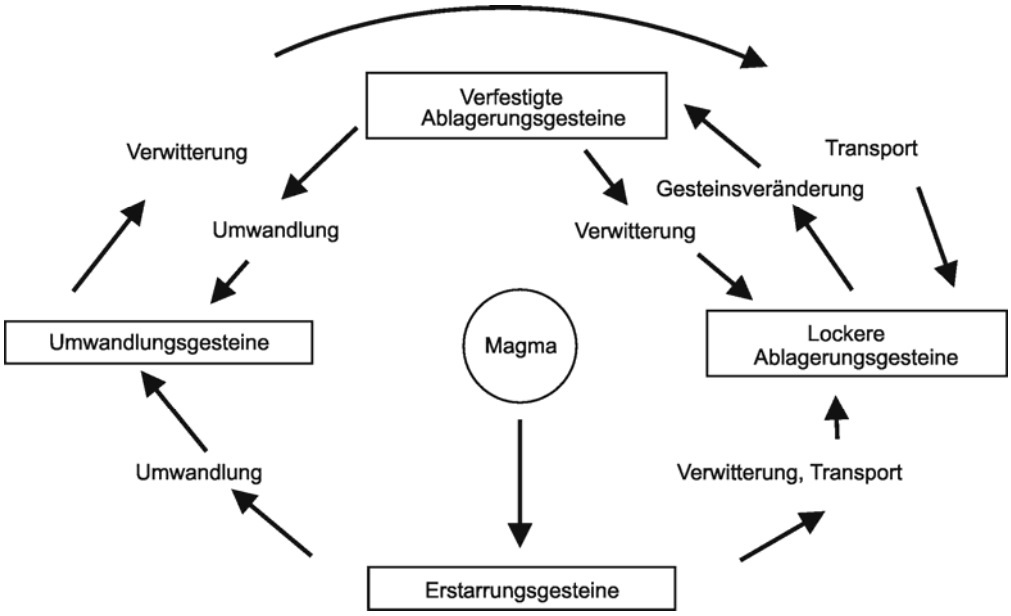
Naturstein war ein sehr wichtiger Baustoff alter Kulturvölker. Für den Bau der Pyramiden in Ägypten, die Tempel- und Palastbauten der Griechen und Römer und schließlich die romanischen und gotischen Kirchen wurden Natursteine verwendet. Naturstein als Baustoff ist heute weitgehend durch den Stahl- und Stahlbetonbau ersetzt worden. Verwendung findet der Naturstein heute im Straßen- und Bahnbau, vor allem als gebrochenes Material.
Im Wasserbau werden Natursteine als Pflasterung und Steinschüttung für Uferdeckwerke, Buhnen, Dämme und Deiche verwendet.
Naturstein ist ein Bestandteil der Erdkruste. Die Erdkruste bildet mit dem Mantel und Kern die Schale der Erde. Die Erde ist etwa 5 Mrd. Jahre alt, die Erdkruste etwa 3 Mrd. Jahre. Die Kruste reicht bis in eine Tiefe von 50 km und besteht überwiegend aus Granit.
In der Geologie spricht man nicht von Steinen, sondern von Gesteinen. Ein Gestein ist ein Gemenge von natürlich entstandenen Mineralien. Bekannt sind über 2 000 Mineralien. Am Aufbau der Gesteine sind aber nur etwa 40 Mineralien beteiligt. Mineralien können sich auf verschiedene Weise bilden. Die bekanntesten Mineralien Feldspat, Quarz und Glimmer entstehen aus glutflüssigen Schmelzen und Gasen im Erdinneren.
Die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien sind:

Bezeichnung	Anteil am Aufbau der Erdkruste
Feldspat und Feldspatvertreter	58,0 %
Hornblende und Augit	16,0 %
Quarz	12,0 %
Glimmer	3,5 %
Olivin und Kalkspat	1,5 %
Dolomitspat und Gipsspat	1,5 %
Schwefelkies und übrige Mineralien	7,5 %

6.2.2 Gruppierung der Gesteine

Gesteine werden in der wissenschaftlichen Gesteinskunde nach der Art der Entstehung gruppiert. Unterschieden werden drei Hauptgruppen (Bild 6-4): die Erstarrungsgesteine (Magmatische Gesteine),

die Ablagerungsgesteine (Sedimentgesteine) und die Umwandlungsgesteine (Metamorphe Gesteine), die in einem natürlichen Kreislauf miteinander verbunden sind (Bild 6-3).



6-3 Kreislauf der Gesteine (nach W. Schumann „Steine und Mineralien“)

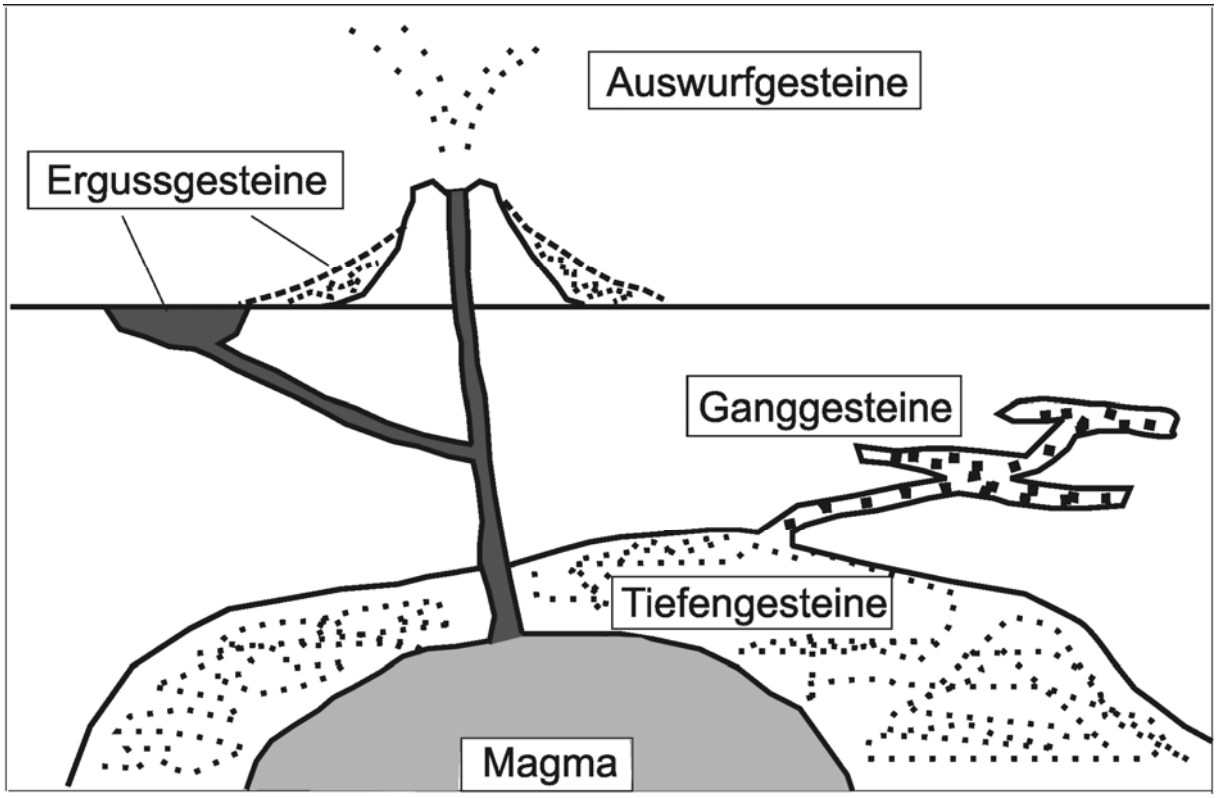
Erstarrungsgesteine			
Tiefengesteine	Ganggesteine	Ergussgesteine	Auswurfgesteine
Granit Syenit Diorit Gabbro Peridotit	Granitporphyr Syenitporphyr Dioritporphyr Gabbroporphyr	Basalt Diabas Andesit Basaltlava	Bims Tuffgesteine Trass

Ablagerungsgesteine			Umwandlungs-gesteine
Physikalische A.	Chemische A.	Biogene A.	
als Lockergestein: Kies, Sand, Ton, Lehm, Löss als Festgestein: Sandstein Tonschiefer Konglomerate Breccie Nagelfluh Grauwacke	Kalkstein Dolomit Anhydritstein Kalk- u.Tonmergel	Muschelkalk Diabas Travertin Kreide	Gneis Schiefer Marmor

6-4 Gruppierung der Gesteine

Erstarrungsgesteine

Erstarrungsgesteine werden aus dem Magma (Gesteinsschmelze) des Erdinnern gebildet (Bild 6-5).
Erstarrt das Magma bereits in der Tiefe der Erdkruste, entstehen die Tiefengesteine.
Erreicht das Magma die Erdoberfläche, entstehen die Ergussgesteine. Das im oberen Bereich der Erdkruste erstarrte Magma bildet die Ganggesteine. Bei Vulkanausbrüchen entstehen als Asche die Auswurfgesteine.



6-5 Entstehung der Erstarrungsgesteine (nach W. Schumann „Steine und Mineralien“)

Erstarrungsgesteine als Tiefengesteine

Dringt Magma in die unteren Schichten der Erdkruste ein, kühlt es unter der mehrere km dicken Deckschicht sehr langsam ab. Dadurch können die Mineralien gut auskristallisieren. Die großen Kristalle sind mit bloßem Auge zu erkennen. Tiefengesteine sind vollkristallin, gleichmäßig körnig, dicht und fest.
Heute sind die Tiefengesteine zum Teil durch Bewegungen der Erdkruste und aufgrund abgetragener und verwitterter Deckschichten an der Erdoberfläche zu finden.

Erstarrungsgesteine als Ganggesteine

Ganggesteine sind in Spalten im oberen Bereich der Erdkruste – zwischen dem Tiefengestein und dem Ergussgestein – entstanden. Die Gänge haben sich durch tektonische Vorgänge gebildet. Da die meist schmalen Gänge nahe der Oberfläche schneller abkühlen, sind Ganggesteine feinkörniger als Tiefengesteine. Zu den Tiefengesteinen gibt es entsprechende Ganggesteine.

Erstarrungsgesteine als Ergussgesteine

Gelangt das aufsteigende Magma durch vulkanische Kräfte bis an die Erdoberfläche, entstehen Ergussgesteine. Diese flüssige Gesteinsschmelze wird als Lava bezeichnet. Durch das schnelle Erkalten der Lava entstehen nur sehr kleine Kristalle, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Ergussge-

steine weisen daher eine dichte Struktur auf. Je nach Gasgehalt der Lava enthalten die Ergussgesteine viele kleine Hohlräume (z. B. in der Basaltlava). Ein weiteres Erkennungsmerkmal der Ergussgesteine ist eine häufige Säulenbildung.

Erstarrungsgesteine als Auswurfgesteine
Von Auswurfgesteinen spricht man bei Asche, die bei Vulkanausbrüchen entsteht.

Ablagerungsgesteine
Ablagerungsgesteine entstehen aus Gesteinen, die durch Sonneneinstrahlung, Frost und Regen an der Erdoberfläche verwittert wurden. Wir unterscheiden die physikalische und die chemische Verwitterung. Die biologische oder biogene Verwitterung, die vorwiegend durch Pflanzen erfolgt, kann sowohl der physikalischen als auch der chemischen Verwitterung zugeordnet werden. Ablagerungsgesteine weisen meist eine erkennbare Schichtung auf und sind fossilienreich.

Physikalische Ablagerungsgesteine
Die physikalische Verwitterung zerkleinert das Gestein durch Sonneneinstrahlung, Frost, Wind und Salzsprengung. Bei diesem mechanischen Vorgang bleibt der Stoffbestand erhalten. Diese Ablagerungsgesteine werden auch als klastische Sedimente oder Trümmergesteine bezeichnet.

Chemische Ablagerungsgesteine
Die chemische Verwitterung zerstört das Ursprungsgestein. Bei Ablagerung entstehen völlig neue Gesteine, denen das ursprüngliche Gestein nicht anzusehen ist. Die chemischen Ablagerungsgesteine werden auch Ausscheidungsgesteine genannt.

Biogene Ablagerungsgesteine
Biogene Ablagerungsgesteine bilden sich aus den Hartteilen von Organismen. Reine biogene Ablagerungsgesteine kommen jedoch selten vor. Sie treten meist in einem Gemenge mit physikalischen oder chemischen Ablagerungsgesteinen auf.

Umwandlungsgesteine
Gesteine können durch aufsteigendes Magma oder größere Bewegungen der Erdkruste in Bereiche erhöhter Drücke oder zunehmender Temperaturen geraten. Dadurch werden sie umgewandelt. Die Zahl dieser Umwandlungsgesteine ist groß, denn zu jedem Erstarrungsgestein und zu jedem Ablagerungsgestein gibt es ein oder mehrere entsprechende Umwandlungsgesteine.

6.2.3 Der Baustoff Naturstein – Farbe, Struktur und Eigenschaften der wichtigsten Gesteinsarten

Erstarrungsgesteine

- Granit
  Grau bis schwarz, grob- bis feinkörnig gesprenkelt. Ein sehr harter, schwerer, fester und schwer zu bearbeitender Stein. Ein guter Wasserbaustein.
- Syenit
  Dunkel, grünlich-braun bis schwarz, fein-bis mittelkörnig. Eigenschaften wie Granit, aber besser bearbeitbar.
- Diorit
  Grünlich, körnig. Eigenschaften wie Syenit.

- Gabbro
  Dunkelgrau bis schwarz, meist grün und weiß gefleckt, körnig, schwer bearbeitbar.
- Porphyr
  Rötlich bis schwarz, feinkörnig mit einzelnen groben Körnern, sehr hart, dicht, wetterbeständig. Ein guter Wasserbaustein.
- Basalt
  Grünlich, grau bis schwarz, in der Regel kantige Säulenform, schwer, hart, spröde, kaum bearbeitbar. Ein guter Wasserbaustein.
- Basaltlava
  Farbe wie Basalt, blasiges Gefüge, bruchfest, gut bearbeitbar.

Ablagerungsgesteine

- Sandstein
  Verschiedenfarbig, sandkörnig, geschichtet, fest und zäh, gut bearbeitbar. Tonige und kalkige Sandsteine sind verwitterungsgefährdet und daher für den Wasserbau nicht geeignet.
- Grauwacke
  Hell- bis dunkelgrau, manchmal rötlich, sehr hart, schwer bearbeitbar, ein guter Wasserbaustein.
- Tonschiefer
  Grau bis schwarz oder bläulich, sehr dichtes Gefüge, spaltbar, wasserdicht und wetterbeständig (Dachschiefer), wird im Wasserbau nicht mehr verwendet.
- Kalkstein
  Verschiedenfarbig, hell, manchmal geadert, dicht bis kristallin, gut bearbeitbar, dicht und fest, als Wasserbaustein wenig geeignet.
- Gipsstein
  Hell, körnig, blättrig oder faserig, weich, als Baustein nicht geeignet, nur für Innenausbau.

Umwandlungsgesteine

- Gneis
  Hell bis dunkel, blau-, rot- oder braungetönt, weniger wetterfest.
- Marmor
  Weiß, oft grünliche oder rötliche Maserung, witterungsempfindlich, für Innenausbau.

6.2.4 Anforderungen an Wasserbausteine

Die „Technischen Lieferbedingungen für Wasserbausteine“, Ausgabe 2003 (TLW 2003) stellen nachfolgende Anforderungen an Wasserbausteine:

- Allgemeine Anforderungen
  Wasserbausteine müssen aus dauerhaft festen Gesteinen bestehen. Sie müssen eine hohe Trockenrohdichte haben und verwitterungsbeständig sein. Sie müssen gegen chemische Einflüsse des Grund- und Oberflächenwassers unempfindlich und gegen mechanische Beanspruchungen widerstandsfähig sein.
- Beschaffenheit nach Augenschein
  Wasserbausteine müssen eine weitgehend kubische Form und ein gleichmäßig dichtes Gefüge haben. Felsgestein soll frei von Rissen, Schieferungen und mergeligen, sandigen oder tonigen Einlagerungen sein.
- Steinklassen
  Die Kategorien Größe und Gewicht von Wasserbausteinen werden nach dem Verwendungszweck und den einwirkenden Kräften aus Wellen, Strömung, Schiffsschraubenstrahl und Eis festgelegt.

Für Wasserbausteine gelten folgende Steinkategorien:

Eigenschaft	Kategorie	Größe/Gewicht		
Größenklassen (Coarse Particles, CP)	$CP_{45/125}$	45	bis	125 mm
	$CP_{63/180}$	63	bis	180 mm
	$CP_{90/250}$	90	bis	250 mm
Leichte Gewichtsklassen (Light Mass Boulders, LMB)	$LMB_{5/40}$	5	bis	40 kg
	$LMB_{10/60}$	10	bis	60 kg
	$LMB_{40/200}$	40	bis	200 kg
	$LMB_{60/300}$	60	bis	300 kg
Schwere Gewichtsklassen (Heavy Mass Boulders, HMB)	$HMB_{300/1000}$	300	bis	1000 kg

- Trockenrohdichte
  Die Trockenrohdichte darf den Wert von 2,3 kg/dm^3 nicht unterschreiten.
- Witterungsbeständigkeit
  Zur Beurteilung der Witterungsbeständigkeit ist die Wasseraufnahme zu bestimmen bzw. sind Frostversuche durchzuführen.
- Prüfungen
  Die Erfüllung der gestellten Anforderungen wird durch Eignungsprüfungen und eine Güteüberwachung überprüft.

6.2.5 Abnahme der gelieferten Wasserbausteine

Die Abnahme der Steine erfolgt bei der jeweiligen Anlieferung. Dabei wird durch Augenscheinnahme die Qualität der Steine geprüft. Außerdem wird das Liefergewicht festgestellt.
Eine Liefermenge kann wie folgt ermittelt werden:

- Liefermenge nach Rauminhalt (m^3)
  - Durch Aufmaß eines abgeschütteten Körpers (meist stumpfe Pyramide). Dies ist aber sehr ungenau und soll möglichst vermieden werden.
  - Durch Lkw – Aufmaß: Ladefläche mal mittlere Höhe
- Liefermenge nach Gewicht (t)
  - Schiffslieferung: Gewichtsermittlung durch Eichaufnahme
  - Lkw-Lieferung: Nachweis durch Wiegekarten einer amtlichen oder öffentlichen Waage. Brutto- und Taragewicht sind bei derselben Waage zu ermitteln. Bei Benutzung einer Privatwaage sollen 10 % der Lieferung als Stichprobe durch eine öffentliche Waage überprüft werden.

6.2.6 Natursteinmauerwerk

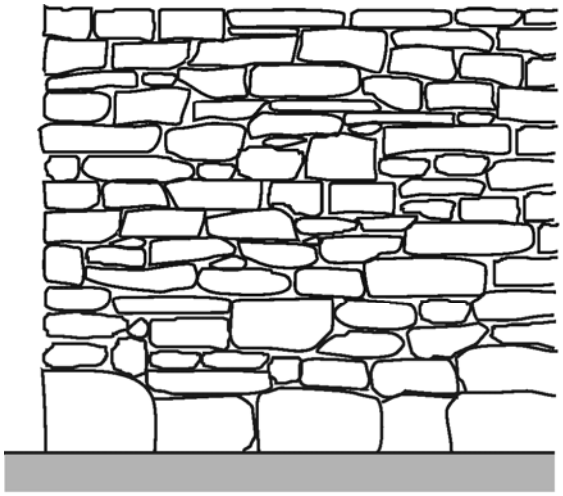
Die DIN 1053 enthält Richtlinien für die handwerksgerechte Verarbeitung der natürlichen Steine und für die Herstellung von Mauerwerk:

- Stoßfugen dürfen nicht durch mehr als 2 Schichten gehen.
- In den Ansichts- und Rückflächen dürfen nirgends mehr als 3 Fugen zusammenstoßen.

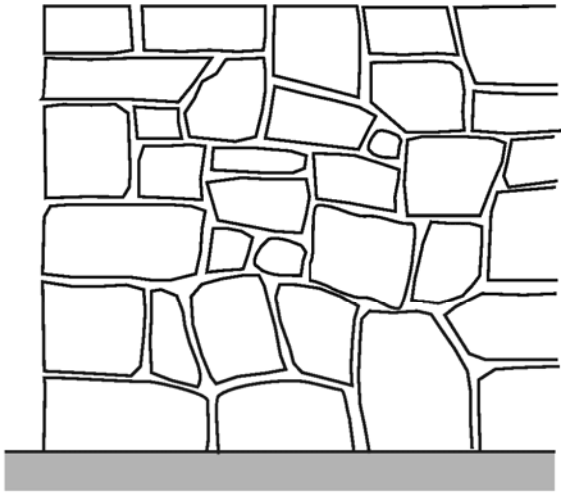
- Läufer- und Binderschichten müssen regelmäßig miteinander abwechseln, oder es muss in jeder Schicht auf 2 Läufer mindestens 1 Binder kommen.
- Jeder Binder muss etwa um das 1 ½ - Fache der Schicht, mindestens aber 30 cm tief einbinden.
- Lassen sich Zwischenräume nicht vermeiden, so sind sie auszuzwickeln.

Folgende Mauerwerksverbände werden mit Natursteinen hergestellt (Bild 6-6):

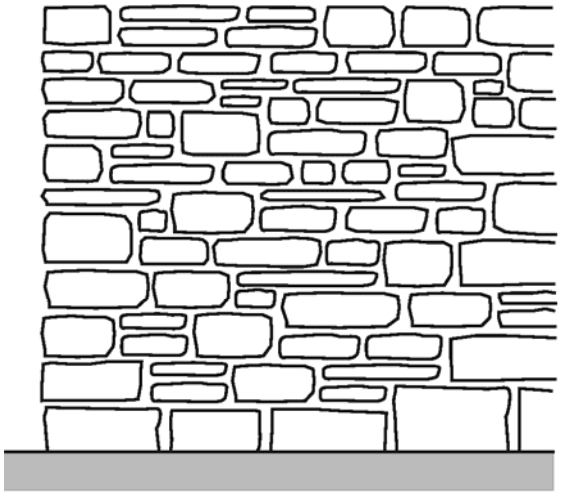
- Trockenmauerwerk
  Bruchsteine werden mit engen Fugen ohne Mörtel verarbeitet, Hohlräume werden mit kleinen Steinen verkeilt.
- Zyklopenmauerwerk
  Verwendung von weitgehend unbearbeiteten Steinen, die in Mörtel verlegt werden.
- Bruchsteinmauerwerk
  Nur wenig in den Lagerflächen bearbeitete Bruchsteine unterschiedlicher Größe werden in lagerhaften Schichten verlegt. Die Fugen werden mit Mörtel verfüllt.
- Hammerrechtes Schichtenmauerwerk
  Die Steine der Sichtflächen werden auf mindestens 12 cm Tiefe bearbeitet. Die Steine einer Schicht können unterschiedlich hoch sein.
- Unregelmäßiges Schichtenmauerwerk
  Die Steine der Sichtflächen werden auf mindestens 15 cm Tiefe bearbeitet. Die Stoß- und Lagerfugen stehen senkrecht zueinander. Dicke der Fugen maximal 3 cm. Die Steine einer Schicht können unterschiedlich hoch sein.
- Regelmäßiges Schichtenmauerwerk
  Bearbeitung der Steine wie bei unregelmäßigem Schichtenmauerwerk. Die Steine einer Schicht müssen gleich hoch sein. Dicke der Fugen: Lagerfuge 10 bis 15 mm, Stoßfuge 8 bis 12 mm.
- Quadermauerwerk
  Die Stoß- und Lagerflächen werden in ganzer Tiefe bearbeitet. Fugenweite maximal 3 cm. Werden die Quader ohne Mörtel verlegt, sind ebengeschliffene Lagerflächen erforderlich.
- Verblendmauerwerk
  Mischmauerwerk aus natürlichen und künstlichen Steinen. Die Verblendung besteht aus regelmäßigem Schichtenmauerwerk. Jede 3. Schicht muss eine Binderschicht sein. Die Binder müssen mindestens 24 cm dick sein und 10 cm tief einbinden.



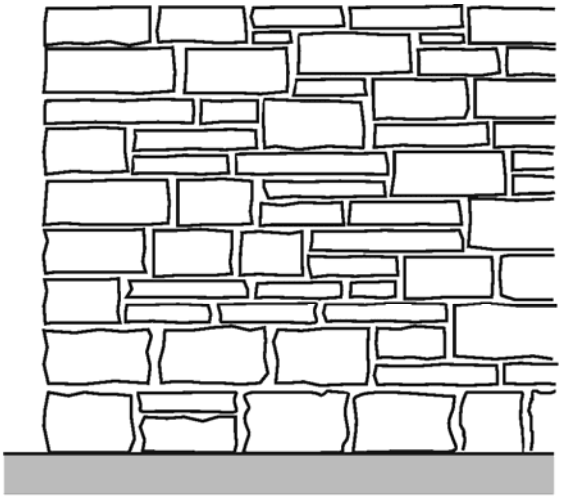
Trockenmauerwerk



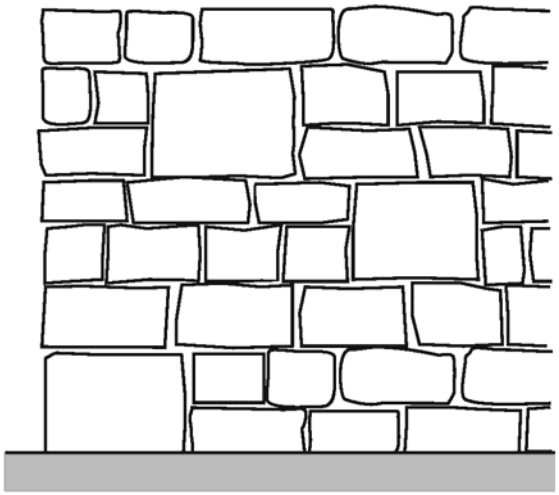
Zyklopenmauerwerk



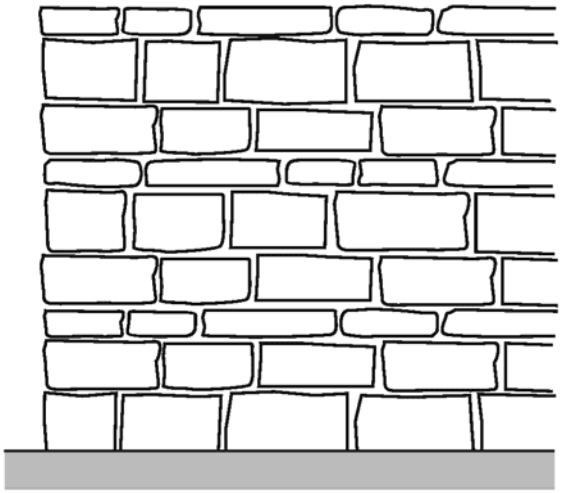
Bruchsteinmauerwerk



Hammerrechtes
Schichtenmauerwerk



Unregelmäßiges
Schichtenmauerwerk



Regelmäßiges
Schichtenmauerwerk

6-6 Mauerwerksarten von Natursteinmauern

6.3 Künstliche Steine

6.3.1 Gebrannte Bausteine, Ziegel

Herstellung

Rohstoffe der Ziegelherstellung sind Lehm, Ton oder tonige Massen. Zu fetter Ton wird durch Zugabe von Sand, Aschen oder Ziegelmehl gemagert, zu magere Tone werden durch reinen Ton angereichert. Die Ziegelerzeugnisse werden in Strangpressen hergestellt und in Ringöfen gebrannt. Zu den Branntprodukten gehören:

- Mauerziegel
- Dachziegel
- Deckenziegel
- Ziegelplatten
- Fliesen
- Kacheln
- Steinzeuge.

Der Mauerziegel

Nach Arten und Formaten werden Mauerziegel unterteilt in Vollziegel, Vormauerziegel, Klinker, Langlochziegel, Hochlochziegel, Porenziegel, Schornsteinziegel.

Klinker sind Mauerziegel, die aus geeignetem Ton, oft mit Zusatz von mineralischen oder metallischen Flussmitteln, bis zum Schmelzen (Sinterung) gebrannt werden. Sie sind deshalb dicht, wenig oder gar nicht saugend, hellklingend, schwer, sehr druckfest, hart sowie frost- und säurebeständig.

Die DIN EN 771-1 unterscheidet nach dem Gewicht LD-Ziegel und HD-Ziegel und nach der Druckfestigkeit Mauerziegel nach der Kategorie I und Kategorie II.

Hochlochziegel und Leichthochlochziegel haben einen Lochquerschnitt von 15 bis 50 % der Lagerfläche (Lochungen A und B). Leichthochlochziegel W haben eine versetzte Anordnung der Luftkammern.

Vorzugsgrößen nach DIN V 105-1:

Bezeichnung	Länge	Breite	Höhe
Dünnformat DF	240 mm	115 mm	52 mm
Normalformat NF	240 mm	115 mm	71 mm
1 ½ Normalformat (= 2 DF)	240 mm	115 mm	113 mm
Normalformat (= 3 DF)	240 mm	175 mm	113 mm

6.3.2 Ungebrannte Bausteine

Kalksandsteine

Kalksandsteine werden aus 8 Teilen reinen Quarzsandes und einem Teil gemahlenen Branntkalks hergestellt und unter Dampfdruck (160 bis 220^0 C) gehärtet. Sie haben eine hohe Tragfähigkeit, aber eine schlechte Wärmedämmung.

Die Abmessungen der Kalksandsteine entsprechen denen der Ziegelsteine nach DIN 4172 „Maßordnung im Hochbau“. Kalksandsteine werden als Voll-, Loch-, Block-, Hohlblock- und Plansteine, Planelemente, Fasensteine und Bauplatten hergestellt.

Hüttensteine

Hüttensteine werden aus Schlackensand, Kalk und Schlackenmehl oder Zement hergestellt. Sie werden in Formen gepresst und an der Luft, unter Dampf oder in kohlensäurehaltigen Abgasen gehärtet. Hüttensteine werden als Vollsteine, Lochsteine und Hohlblocksteine hergestellt.

Porenbetonsteine

Porenbeton besteht aus fein gemahlenem Sand und Zement bzw. Kalk. Er weist einen hohen Anteil an Poren auf (bis zu 90 %), der durch Zugabe von Aluminiumpulver als Treibmittel erreicht wird. Die Steine werden bei ca. 190^0 C dampfgehärtet.
Die Steine haben eine geringe Rohdichte und eine gute Wärmedämmung. Sie können gesägt, gebohrt und genagelt werden.
Porenbetonsteine werden als Plansteine, Planelemente und Wandplatten hergestellt.

Leichtbetonsteine

Leichtbetonsteine bestehen aus Leichtzuschlägen (in der Regel Blähton) und Zement. Sie haben eine geringe Rohdichte und eine relativ hohe Druckfestigkeit. Sie werden als Vollsteine (kleinformatige Mauersteine), Vollblöcke (großformatige Mauersteine mit Schlitzen), Hohlblöcke (großformatige Mauersteine mit Kammern) und Wandelemente hergestellt.

Betonsteine

Betonsteine sind Mauersteine aus Normalbeton. Sie haben eine hohe Rohdichte und eine sehr hohe Druckfestigkeit. Betonsteine werden als Hohlblöcke, Vollblöcke, Vollsteine, Vormauersteine und Vormauerblöcke hergestellt.

6.3.3 Mauerwerk

Mauermörtel

Mörtel besteht aus einem Bindemittel, Sand und Wasser.
Der Mauermörtel soll die einzelnen Steine miteinander verkitten, die Unebenheit der Steine ausgleichen und eine gleichmäßige Druckübertragung gewährleisten. Die Druckfestigkeit des Mauerwerks wird von der Druckfestigkeit des Mörtels beeinflusst. Diese wiederum hängt von seiner Zusammensetzung ab. Als Bindemittel sind Luftkalke, hydraulische Kalke, Mischbinder und Zement zugelassen. Die Mischungsverhältnisse sind in der DIN 1053 entsprechend den Festigkeitsanforderungen für die einzelnen Mörtelgruppen angegeben.
Mauermörtel wird unterschieden in Normalmauermörtel (NM), Leichtmauermörtel (LM) und Dünnbettmörtel (DM). Normalmauermörtel wird in die Mörtelgruppen I, II, IIa, III und IIIa, Leichtmauermörtel in die Gruppen LM 21 und LM 36 eingeteilt.

Mauerverbände

Die Mauerziegelabmessungen als Vorzugsgrößen sind aus Kapitel 6.3.1 zu ersehen. Außerdem werden zur Herstellung eines handwerksgerechten Mauerverbandes auch Teilsteine benötigt:

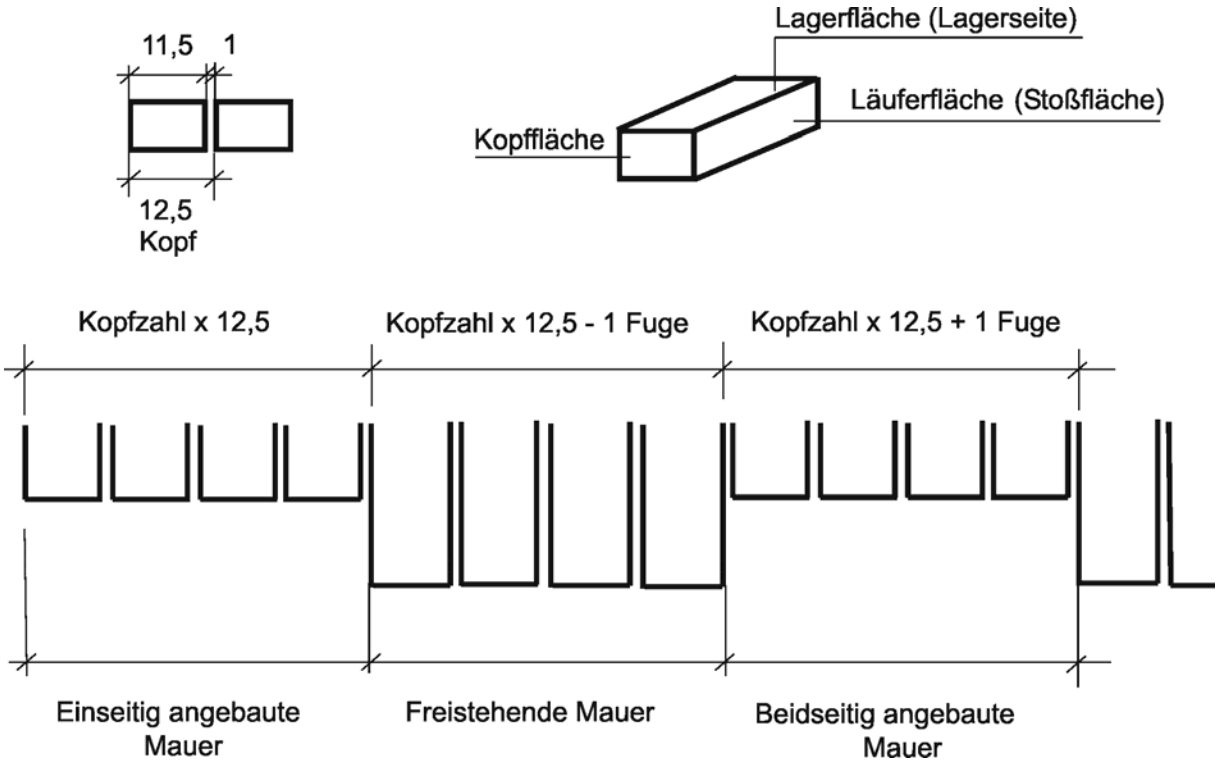
- Dreiviertelstein (17,75 cm)

Dreiviertelstein + Viertelstein + 1 Stoßfuge ergeben wieder einen ganzen Stein.

- Halber Stein (11,5 cm)
  2 halbe Steine + 1 Stoßfuge ergeben wieder einen ganzen Stein.
- Viertelstein (5,25 cm)
  4 Viertelsteine + 3 Stoßfugen ergeben wieder einen ganzen Stein.

Maßeinheit für die Ermittlung von Mauerlängen ist das Achtelmeter (am) = 12,5 cm. Dieses Maß entspricht dem Kopf des Normalformates (Steinnennmaß + Fuge), also 11,5 cm + 1 cm = 12,5 cm.
Bei den Mauerlängen sind drei Fälle zu unterscheiden (Beispiel mit jeweils 4 Köpfen) (Bild 6-7):

1. Freistehende Mauer (z. B. Mauerpfeiler):
   Mauerlänge = Kopfzahl mal 12,5 cm weniger 1 cm = 4 x 12,5 cm – 1 cm = 49 cm
   (Formel: n x 12,5 – 1)
2. Einseitig angebaute Mauer (z. B. Vorlagen)
   Mauerlänge = Kopfzahl mal 12,5 cm = 4 x 12,5 cm = 50 cm
   (Formel: n x 12,5)
3. Beidseitig angebaute Mauer (z. B. Türöffnung):
   Mauerlänge = Kopfzahl mal 12,5 cm und 1 cm = 4 x 12,5 cm + 1 cm = 51 cm
   (Formel: n x 12,5 + 1)



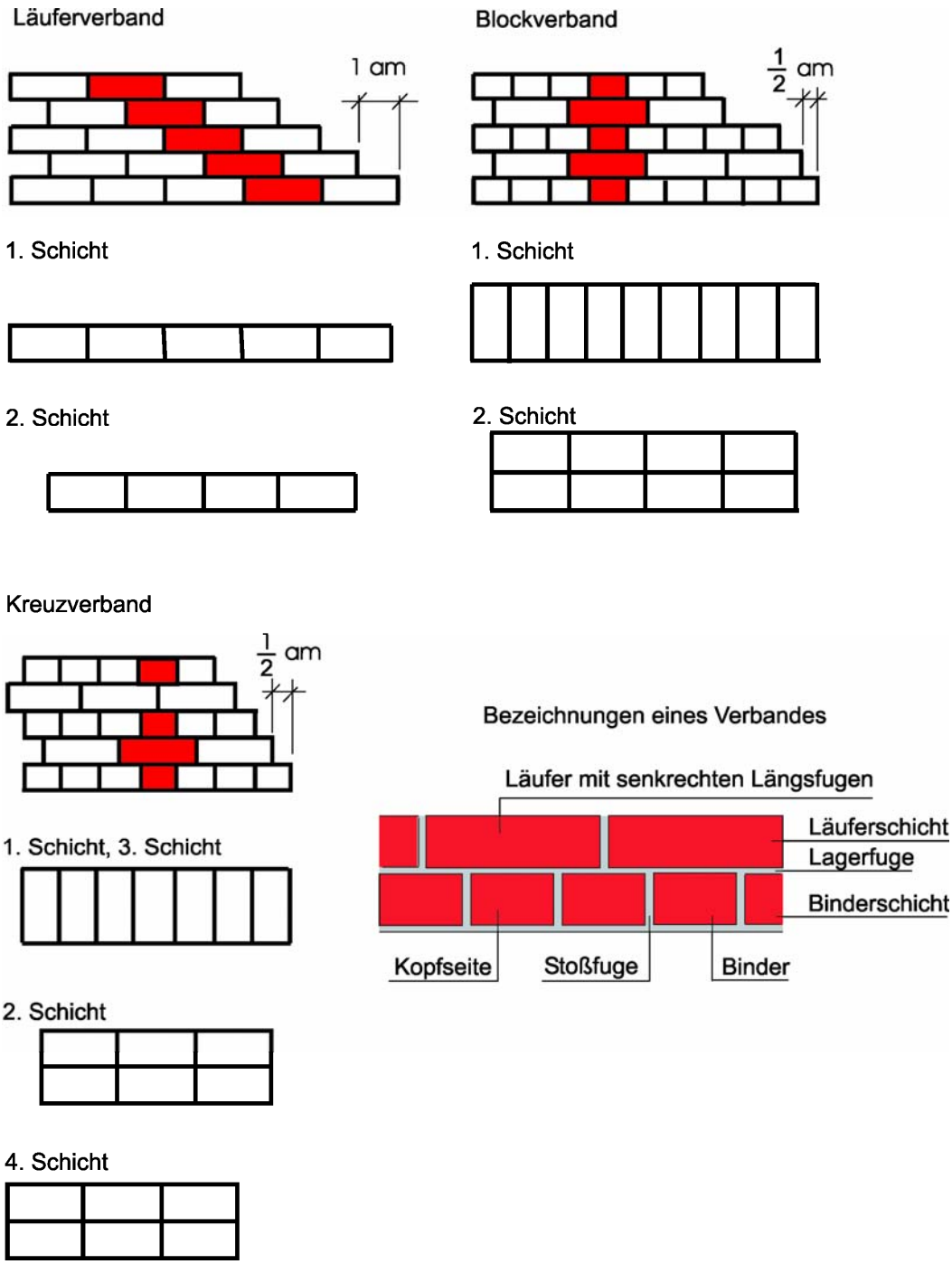
6-7 Schema für die Berechnung der Mauerlängen

Die Art, Mauerziegel in einer Schicht aneinander zu reihen, unterscheidet Läuferschicht und Binderschicht (Bild 6-8). Als Sonderform kann die Rollschicht angesehen werden.
Der Mauerverband ist die Art und Weise, wie die Steine im Mauerwerk zusammengefügt werden. Dabei gelten folgende Grundregeln:

- Jede Schicht muss waagerecht liegen und waagerecht durch sämtliche Mauern eines Gebäudes durchgehen.

- Die Stoßfugen unmittelbar aufeinander folgender Schichten dürfen sich in den Maueraußenflächen nicht decken, sondern müssen um ¼ bzw. ½ Stein gegeneinander versetzt sein.
- Im Mauerinnern ist eine geringe Fugendeckung zugelassen.

Die gebräuchlichen Verbände für Mauerwerk mit rechtwinkligem Grundriss sind der Läuferverband für ½ Stein dicke Wände, der Blockverband und der Kreuzverband.



6-8 Mauerverbände (Ansicht und Draufsicht auf die einzelnen Schichten)

6.4 Beton

6.4.1 Grundlagen

Beton ist ein Baustoff, der bereits den Römern bekannt war. Die Römer bauten z. B. eine Wasserleitung aus Beton von der Eifel nach Köln, die heute noch teilweise erhalten ist.
Heute werden an den Beton erheblich höhere Anforderungen gestellt. Die heutige Betontechnologie ist eine Wissenschaft, die sich mit der Entwicklung zweckentsprechender Herstellungsmethoden befasst.
Beton ist ein Gemisch aus Gesteinskörnungen, Zement als Bindemittel und Wasser. Zement und Wasser verbinden sich zu Zementleim, der die Gesteinskörnungen ummantelt. Die Druckfestigkeit des Betons wird nach dem Aushärten durch die Beschaffenheit der Gesteinskörnung und die Druckfestigkeit des Zementsteins bestimmt.
Die Eigenschaften des Betons werden in der Norm geordnet nach

- Festigkeitsklassen für die statische Berechnung
- Konsistenzklassen für den Einbau
- Expositionsklassen für die Dauerhaftigkeit.

Für die Herstellung und Prüfung von Beton ist eine Vielzahl von Vorschriften herausgegeben worden. Zu nennen sind insbesondere

DIN EN 206-1	Beton,Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
DIN 1045-2	Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1.

6.4.2 Begriffe

- Unterteilung des Betons nach der Festbetonrohdichte und der Beschaffenheit der Gesteinskörnung
  - Leichtbeton
    Gesteinskörnungen aus Blähschiefer und Blähton, Hüttenbims, Naturbims, Ziegelsplitt (Trockenrohdichte mind. 800 und höchstens 2 000 kg/m^3).
  - Normalbeton
    Gesteinskörnungen aus Sand, Kies, Splitt, Hochofenschlacke (Trockenrohdichte mehr als 2 000 und höchstens 2 600 kg/m^3).
    Der Normalbeton wird in der Regel als „Beton“ bezeichnet.
  - Schwerbeton
    Gesteinskörnungen aus Schwerspat, Eisenerz, Eisen, Eisengranulat (Trockenrohdichte mehr als 2 600 kg/m^3).
- Unterteilung des Betons nach der Bewehrung
  - Beton für unbewehrte Bauteile.
  - Stahlbeton ist ein sog. schlaff bewehrter Beton.
  - Spannbeton ist ein Beton mit vorgespannter Bewehrung, der nicht oder nur begrenzt auf Zug beansprucht wird.
  - Faserbeton ist ein Beton mit beigemischten Stahl-, Kunststoff- oder Glasfasern.
- Unterteilung des Betons nach der Höhe der Druckfestigkeit
  - Hochfeste Betone sind Normalbetone und Schwerbetone mit einer Festigkeitsklasse ab C55/67 und Leichtbetone mit einer Festigkeitsklasse ab LC 55/60.
- Unterteilung der Betone nach den Leistungsanforderungen
  - Beton nach Eigenschaften
    Beton, dessen Eigenschaften dem Hersteller gegenüber festgelegt und gefordert werden.

  - Beton nach Zusammensetzung
    Beton, für den die Zusammensetzung und die Ausgangsstoffe, die verwendet werden müssen, dem Hersteller vorgegeben werden.
  - Standardbeton
    Beton mit festgelegter Zusammensetzung, dessen Zusammensetzung in Deutschland in der DIN 1045 (Normvorgaben für den Zementgehalt) angegeben ist.
- Unterteilung der Betone nach ihrem Erhärtungszustand
  - Frischbeton
    Beton, der noch verarbeitet und verdichtet werden kann.
  - Junger Beton
    Erhärtender Beton, der nicht mehr verarbeitbar ist.
  - Festbeton
    Beton, der erhärtet ist.
- Unterteilung des Betons nach dem Ort der Herstellung
  - Baustellenbeton
    Beton, der auf der Baustelle vom Verwender hergestellt wird.
  - Transportbeton
    Beton, der in einbaufertigem Zustand an die Baustelle geliefert wird.
- Unterteilung des Betons nach dem Ort des Einbringens
  - Ortbeton
    Beton, der als Frischbeton in Bauteile ihrer endgültigen Lage eingebracht wird und dort erhärtet.
  - Betonfertigteil
    Betonprodukt, das an einem anderen Ort als dem endgültigen Ort der Verwendung hergestellt wird.
- Unterteilung des Betons nach besonderen Eigenschaften
  - wasserundurchlässiger Beton
  - Beton mit hohem Frostwiderstand
  - Beton mit hohem Verschleißwiderstand
  - Sichtbeton
  - transluzenter (lichtdurchlässiger) Beton
- Unterteilung des Betons nach der Konsistenz des Frischbetons
  - sehr steif, steif, plastisch, weich, sehr weich, fließfähig, sehr fließfähig.
  - Fließbeton ist ein Beton mit der Konsistenz sehr weich, fließfähig oder sehr fließfähig.
- Unterteilung des Betons nach der Art des Förderns und Einbringens des Betons
  - Schütt-, Pump-, Unterwasser-, Spritzbeton.
- Unterteilung des Betons nach der Art der Verdichtung
  - Stampf-, Stocher-, Rüttel-, Schock-, Schleuder-, Walzbeton.
  - selbstverdichtender Beton ist ein Beton, der aufgrund seiner Zusammensetzung, praktisch ohne Verdichtung, alleine unter dem Einfluss der Schwerkraft fließt, entlüftet sowie die Bewehrungszwischenräume und Schalung vollständig ausfüllt.
- Expositionsklasse
  Klassifizierung von Umgebungsbedingungen, denen der Beton ausgesetzt sein kann und die auf den Beton, die Bewehrung oder metallische Einbauteile einwirken können und nicht als Lastannahmen in die Tragwerksplanung eingehen.

- Gesteinskörnung
  Für die Verwendung im Beton geeigneter gekörnter, mineralischer Stoff. Gesteinskörnungen können natürlich, industriell hergestellt oder rezykliert sein (DIN EN 12620, DIN 13055-1, DIN 4226).
- Zugabewasser
  Anteil des Gesamtwassers einer Frischbetonmischung nach Abzug der Oberflächenfeuchte der Gesteinskörnung.
- Wasserzementwert
  Masseverhältnis des wirksamen Wassergehaltes (Oberflächenfeuchte und Zugabewasser) zum Zementgehalt im Frischbeton.
- Äquivalenter Wasserzementwert
  Masseverhältnis des wirksamen Wassergehaltes zur Summe aus Zementgehalt und anrechenbaren Zusatzstoffen.
- Betonzusätze
  - Betonzusatzmittel
    Flüssiger oder pulverförmiger Stoff, der dem Beton in geringer Menge zugegeben wird, um durch chemische und/oder physikalische Wirkung Eigenschaften des Frisch- oder Festbetons zu ändern.
  - Betonzusatzstoff
    Flüssiger oder pulverförmiger Stoff, der dem Beton in größerer Menge zugegeben wird, um bestimmte Eigenschaften zu beeinflussen.

6.4.3 Expositionsklassen

Der Dauerhaftigkeit des Betons wird neben der Druckfestigkeit als wichtigste Eigenschaft eine hohe Bedeutung zugemessen. Dauerhaftigkeit ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber den Umgebungsbedingungen. Die Beanspruchung des Betons oder der Bewehrung aufgrund unterschiedlicher Umweltbedingungen wird in Expositionsklassen (Tabelle 6-9) eingeteilt. Die Expositionsklassen werden bei der Bemessung und Konstruktion dauerhafter Bauwerke berücksichtigt, sie sind aber auch die Grundlage für die Anforderungen an die Ausgangsstoffe, an die Zusammensetzung des Betons und an die Mindestmaße der Betondeckung.
Der Beton kann mehr als einer der aufgeführten Einwirkungen ausgesetzt sein. Seine Einwirkungsbedingungen müssen dann als Kombination von Expositionsklassen ausgedrückt werden.

6.4.4 Zement

Aufgabe des Zementsteines im Beton ist, die Gesteinskörner miteinander zu verkitten. Da die Gesteinskörner in der Regel eine höhere Festigkeit haben als der Zementstein, hängt die Festigkeit des Betons wesentlich von der Beschaffenheit des Zementsteines ab.

Im Kap. 6.1.5 sind die Herstellung des Zementes, die Zementarten sowie die Zementfestigkeitsklassen beschrieben.

Klassen-bezeich-nung	Beschreibung der Umgebung	Wasserbauspezifische Beispiele
1 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko		
X0	Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht Beton angreifender Umgebung	Unbewehrter Kernbeton bei zonierter Bauweise
2 Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung		
XC1	trocken oder ständig nass	Sohlen von Schleusenkammern, Sparbecken oder Wehren; Schleusenkammerwände unterhalb UW, hydraulische Füll- und Entleersysteme
XC2	nass, selten trocken	Schleusenkammerwände im Bereich zwischen UW und OW; (sinngemäß Sparbeckenwände), Umläufe
XC3	mäßige Feuchte	Nicht frei bewitterte Flächen von Betriebsräumen
XC4	wechselnd nass und trocken	Freibord von Schleusenkammer- oder Sparbeckenwänden; Wehrpfeiler oberhalb NW; freibewitterte Außenwände
3 Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride, ausgenommen Meerwasser		
XD1	mäßige Feuchte	
XD2	nass, selten trocken	
XD3	wechselnd nass und trocken	Schleusenplattform
4 Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride aus Meerwasser		
XS1	salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe
XS2	unter Wasser	Sperrwerkssohle; Gründungspfähle unter MTnW
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Gründungspfähle, Kajen, Molen und aufgehende Wände oberhalb MTnW
5 Frostangriff mit und ohne Taumittel/Meerwasser		
XF1	mäßige Wassersättigung mit Süßwasser ohne Taumittel	Freibord von Schleusenkammer- oder Sparbeckenwänden; Wehrpfeiler oberhalb HW
XF2	mäßige Wassersättigung mit Meerwasser und/oder Taumittel	Vertikale Bauteile im Spritzwasserbereich und Bauteile im unmittelbaren Sprühnebelbereich von Meerwasser
XF3	hohe Wassersättigung mit Süßwasser ohne Taumittel	Schleusenkammerwände im Bereich zwischen UW - 1,0 m und OW + 1,0 m (Sparbeckenwände sinngemäß); Ein- und Auslaufbereiche von Dükern zwischen NW und HW; Wehrpfeiler zwischen NW und HW
XF4	hohe Wassersättigung mit Meerwasser und/oder Taumittel	Vertikale Flächen von Meerwasserbauteilen wie Gründungspfähle, Kajen und Molen im Wasserwechselbereich; temporär meerwasserbeaufschlagte horizontale Flächen; taumittelbeaufschlagte horizontale Verkehrsflächen (z. B. Schleusenplattformen)
6 Betonkorrosion durch chemischen Angriff		
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung	
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen (Unterwasser- und Wasserwechselbereich, Spritzwasserbereich)
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung	
7 Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung		
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	Flächen mit Beanspruchung durch Schiffsreibung (z. B. Schleusenkammerwände zwischen UW - 1,0 m und OW + 1,0 m); Flächen mit mäßiger Geschiebebeanspruchung (z. B. Sperrwerkssohlen); häufig befahrene horizontale Verkehrsflächen (z. B. bei Güterumschlag)
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Wehrrücken; Tosbecken im Bereich von Binnenwasserstraßen
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Tosbecken in stark geschiebebelasteten Gewässern

6-9 Expositionsklassen bezogen auf die Umweltbedingungen

6.4.5 Gesteinskörnung

Die Gesteinskörnungen stellen das tragende Gerüst im Beton dar. Sie werden unterschieden nach natürlichen und industriell hergestellten sowie rezyklierten Gesteinskörnungen:

- Natürliche Gesteinskörnungen
  - ungebrochen
    - Sand
    - Kies
    - Grobkies
  - gebrochen
    - Brechsand
    - Splitt
    - Schotter
- Industriell hergestellte Gesteinskörnungen
  - Hochofenschlacke
  - Hüttensand
- Rezyklierte Gesteinskörnungen.

Sande und Kiese haben im Beton die größere Bedeutung gegenüber allen anderen Gesteinskörnungen. An deren Qualität werden folgende Anforderungen gestellt:

- Kornform
  Die Kornform soll gedrungen sein mit einer geringen Oberfläche. Dadurch werden das Einbringen und Verdichten des Betons erleichtert.
- Kornfestigkeit
  Natürliche Gesteinskörnungen erfüllen im Allgemeinen die Anforderungen zur Herstellung von Betonen üblicher Festigkeiten. Tonige, schiefrige, verwitterte und weiche Gesteine sind nicht geeignet.
- Verunreinigungen
  Verunreinigungen können die Betonfestigkeit herabsetzen. Schädliche Bestandteile sind Lehm, Ton, humose Stoffe, Chloride und Sulfate.

Die Kornzusammensetzung ist so zu wählen, dass ein Gemisch aus Körnern unterschiedlicher Größe entsteht (das Größtkorn ist so zu wählen, wie es die Verarbeitung, die Bewehrung und die Abmessungen des Bauteils erlauben). Dabei füllen die kleineren Körner die Hohlräume der größeren Körner. Somit ergeben sich nur wenig Hohlräume und es wird nur wenig Zementleim benötigt.
Die Zusammensetzung der Gesteinskörnung wird durch Sieblinien dargestellt. Die Sieblinie eines vorhandenen Korngemisches wird durch einen Siebversuch mit einem sog. Siebsatz ermittelt. Die Sieblinie gibt bei Gesteinskörnungen mit gleicher Kornrohdichte über jeder Lochweite den Gewichtsanteil in Prozenten des Gesamtgemisches an, der durch das jeweilige Sieb hindurchfällt. Um die Eignung des Materials zu beurteilen, wird diese Sieblinie mit Regelsieblinien verglichen. Regelsieblinien (Bild 6-10) sind in der DIN 1045 für Korngemische mit Größtkorn 8 mm, 16 mm, 32 mm und 63 mm vorgesehen.
Die Regelsieblinien, zur übersichtlicheren Darstellung auf der horizontalen Achse im logarithmischen Maßstab dargestellt, werden wie folgt bezeichnet:

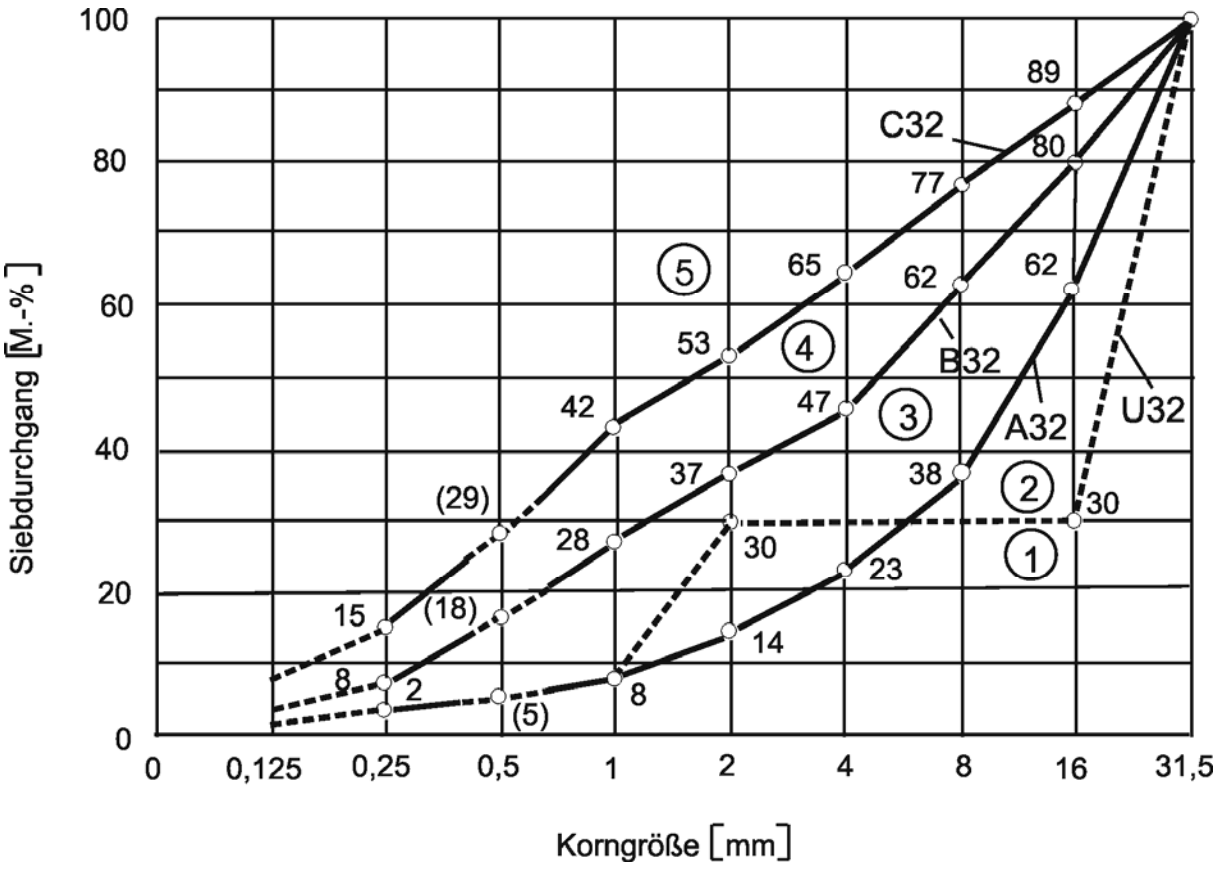
- Untere Sieblinie mit A

- Mittlere Sieblinie mit B
- Obere Sieblinie mit C.

Die in den Regelsieblinien bezeichneten Bereiche sind

① grobkörnig
② Ausfallkörnung
③ grob- bis mittelkörnig
④ mittel- bis feinförnig
⑤ feinkörnig

Eine Ausfallkörnung ist ein Korngemisch, bei dem eine oder mehrere Korngruppen fehlen, die Sieblinie ist somit unstetig (z. B. U32).



6-10 Sieblinien mit einem Größtkorn von 32 mm (31,5 mm)

Korngruppen

Gesteinskörnungen werden der Korngröße entsprechend in Korngruppen unterteilt, die das jeweilige Kleinstkorn und Größtkorn bezeichnen. Eine Korngruppe 2/8 besteht aus einer Körnung, deren größter Anteil durch das 8-mm-Sieb fällt und auf dem 2-mm-Sieb liegen bleibt. In der Praxis sind die Korngruppen 0/2, 0/4, 2/8, 8/16, 8/32 und 16/32 gebräuchlich. Über- und Unterkorn sind in vorgegebenen Grenzen zugelassen.

Körnungsziffer

Der Hohlraumgehalt und die Gesamtoberfläche des Korngemisches sind maßgebend für den Wasseranspruch. Dieser wird mit der sog. Körnungsziffer k aus der Sieblinie ermittelt, indem die in Prozent angegebenen Rückstände des Regelsiebsatzes addiert und diese Summe durch 100 dividiert wird.

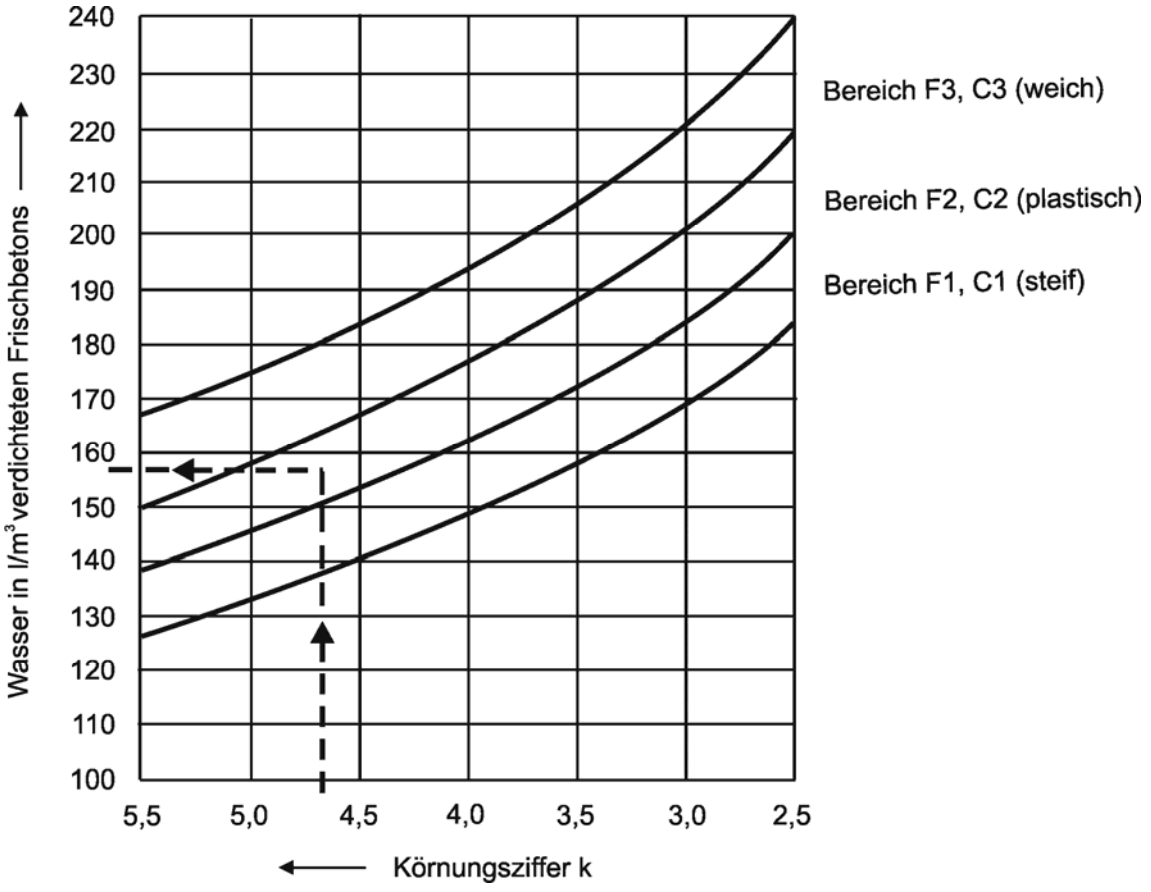
Beispiel:

Für einen Beton mit der Konsistenz F2, C2 ist mit einer gegebenen Sieblinie der Wasseranspruch zu ermitteln.

Sieb [mm]	Durchgang [%]	Rückstand [%]
31,5	100	100 – 100 = 0
16	72	100 – 72 = 28
8	50	100 – 50 = 50
4	40	100 – 40 = 60
2	32	100 – 32 = 68
1	20	100 – 20 = 80
0,5	14	100 – 14 = 86
0,25	6	100 – 6 = 94
Summe		466

Körnungsziffer k = 466 : 100 = 4,66

Mithilfe dieser Ziffer kann der Wasseranspruch grafisch ermittelt werden. Aus der Grafik (Bild 6-11) ergibt sich im Schnittpunkt k = 4,66/Konsistenz F2, C2 ein Wasseranspruch von 157 l/m^3 Frischbeton.



6-11 Wasseranspruch des Betons (nach Schwenk „Betontechnische Daten“)

Oberflächenfeuchte

Eine Gesteinskörnung ist in der Regel während der Lagerung der Witterung und der Durchfeuchtung ausgesetzt. Diese Feuchte besteht aus dem an den Körnern haftenden Wasser. Die Oberflächenfeuchte ist nicht zu verwechseln mit der Poren- oder Kernfeuchte, dem in den Körnern befindlichen Wasser, das bei der Zementsteinbildung nicht mitwirkt.

Die Oberflächenfeuchte wird in Massenprozent der trockenen Gesteinskörnung angegeben. Sie beträgt bei einem Korngemisch 0/32 im Allgemeinen ca. 3 % bis 5 %. Diese Wassermenge von etwa 50 bis 100 l ist vom Gesamtwasserbedarf abzuziehen.

6.4.6 Zugabewasser

Das Gesamtwasser einer Frischbetonmischung setzt sich aus der Eigenfeuchte der Gesteinskörnung, dem Zugabewasser und ggf. dem Wasser aus Betonzusätzen zusammen.

Zugabewasser darf keine Verunreinigungen enthalten. Trinkwasser ist üblicherweise für die Betonherstellung ohne Untersuchung geeignet. Andere Arten von Wasser (Grundwasser, Oberflächenwasser, industrielles Brauchwasser) müssen auf ihre Eignung untersucht werden. Restwasser aus Wiederaufbereitungsanlagen der Betonherstellung darf für Betone bis einschließlich der Festigkeitsklasse C 50/60 verwendet werden.

6.4.7 Wasserzementwert

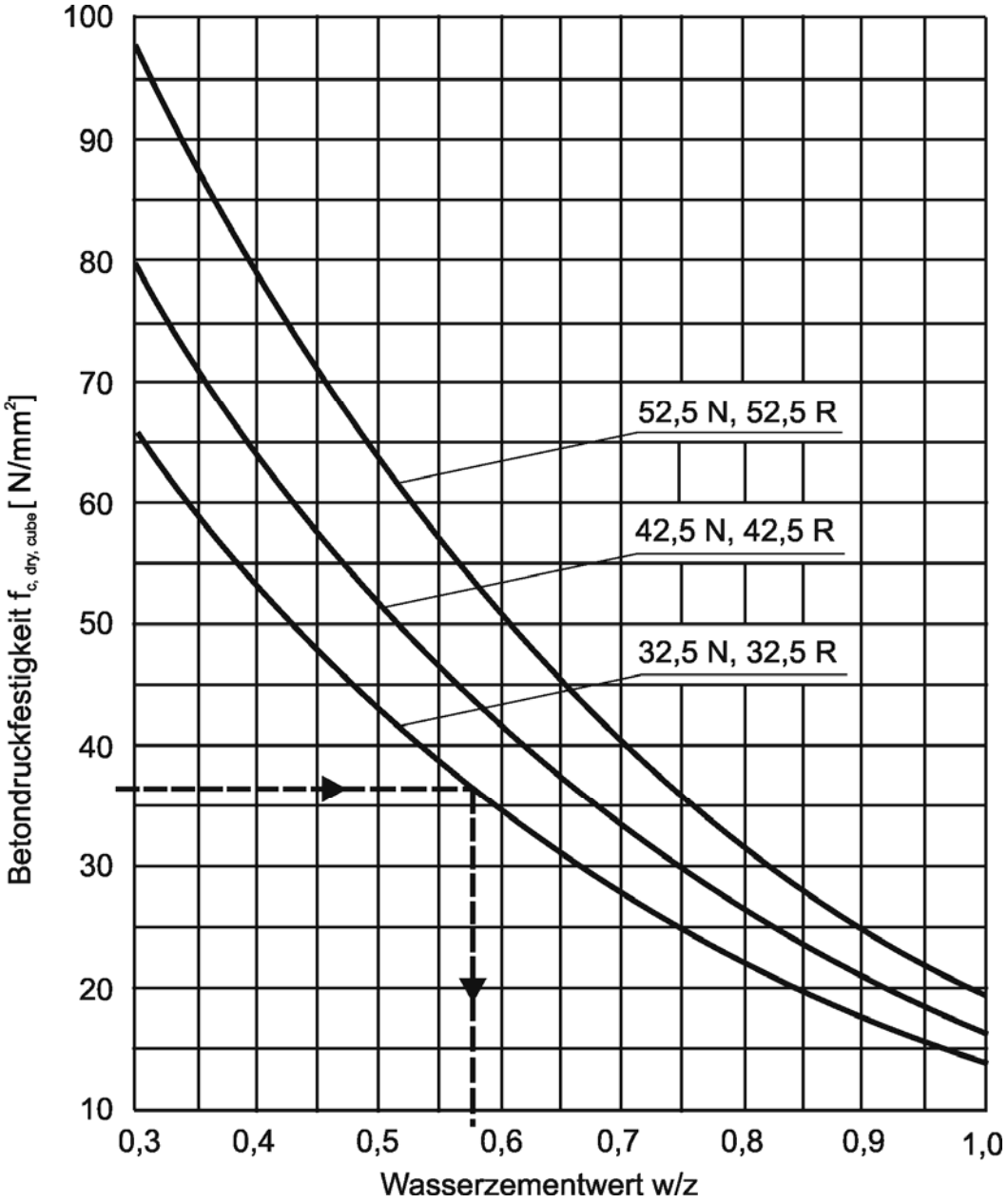
Das Verhältnis des wirksamen Wassergehaltes, der sich aus der Oberflächenfeuchte der Gesteinskörnung und dem Zugabewasser zusammensetzt, zum Zementgehalt ist von großer Bedeutung für die Festigkeit des Betons. Dieses Verhältnis ist der Wasserzementwert:

$$\mathrm{w/z} = \frac{\text{Wassergehalt (in kg)}}{\text{Zementgehalt (in kg)}}$$

Der Zement benötigt zur Erhärtung eine Wassermenge von etwa 40 % seiner Masse, das entspricht einem Wasserzementwert von 0,4. Ein höherer Wasserzementwert bedeutet, dass der Beton Überschusswasser enthält. Dieses Wasser verdunstet und führt zu Kapillarporen, die die Festigkeit des Betons herabsetzen. Für die Verarbeitung des Frischbetons ist ein Wasserzementwert von 0,4 jedoch nicht geeignet, da der Beton zu steif ist. Um den Beton gut einbringen und verdichten zu können, muss der Wasserzementwert zwischen 0,4 und 0,6 liegen bzw. mit Zusätzen gearbeitet werden.

Der sog. äquivalente Wasserzementwert berücksichtigt die Verwendung von Zusatzstoffen wie z. B. Flugasche oder Trass.

In dem sog. Walz-Diagramm (Bild 6-12) ist der Zusammenhang zwischen der Betondruckfestigkeit, der Festigkeit des Zements und dem Wasserzementwert dargestellt. Für eine geforderte Betondruckfestigkeit und eine vorgesehene Zementfestigkeitsklasse kann aus der Grafik der höchstzulässige Wasserzementwert ermittelt werden.



6-12 Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit, Festigkeitsklasse des Zements und Wasserzementwert (Walz-Diagramm)
Erläuterung zum Diagramm: Die Betondruckfestigkeitswerte beziehen sich auf trocken gelagerte Probewürfel.

6.4.8 Betonzusätze

Betonzusätze werden eingesetzt, um bestimmte Eigenschaften des Frisch- und Festbetons zu beeinflussen bzw. neue Eigenschaften zu erzielen. Unterschieden werden Betonzusatzmittel und Betonzusatzstoffe.

Betonzusatzmittel werden nur in geringen Mengen zugegeben. Die Menge ist auf 50 g/kg der Zementmenge begrenzt.

Die Verwendung von Betonzusatzstoffen erfordert immer eine Erstprüfung. Ihr Volumenanteil ist bei der Stoffraumberechnung zu berücksichtigen.

Betonzusatzmittel und ihre Wirkung:

- Betonverflüssiger (BV)

Verminderung des Wasseranspruchs und/oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit.

- Fließmittel (FM)
  Verminderung des Wasseranspruchs und/oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit zur Herstellung von Fließbeton.
- Luftporenbildner (LP)
  Einführung gleichmäßig verteilter kleiner Luftporen zur Erhöhung des Frost-Taumittelwiderstandes.
- Dichtungsmittel (DM)
  Verminderung der kapillaren Wasseraufnahme.
- Verzögerer (VZ)
  Verzögerung des Erstarrens.
- Beschleuniger (BE)
  Beschleunigung des Erstarrens und/oder des Erhärtens.
- Einpresshilfen (EH)
  Verbesserung der Fließfähigkeit, Verminderung des Wasseranspruchs, Verminderung des Absetzens bzw. Erzielen eines mäßigen Quellens von Einpressmörteln.
- Stabilisierer (ST)
  Erhöhen des Zusammenhaltevermögens des Betons, Verbesserung seiner Verarbeitbarkeit, Verminderung des Absonderns von Anmachwasser
- Recyclinghilfen für Waschwasser (RH)
  Wiederverwendung von Waschwasser, das beim Reinigen von Mischfahrzeugen und Mischern anfällt, indem das Erhärten von Zementresten im Wasser verzögert wird.
- Chromatreduzierer (CR)
  Reduktion von Chrom VI zu Chrom III.
- Schaumbildner (SB)
  Einführung von Luftporen zur Herstellung eines Schaumbetons bzw. Betons mit porosiertem Zementstein.

Betonzusatzstoffe und ihre Wirkung:

- Mineralische Zusatzstoffe
  Verbesserung des Zusammenhalts und der Verarbeitbarkeit des Frischbetons. Dazu gehören Gesteinsmehl, Trass und Flugasche.
- Farbpigmente
  Zur Durchfärbung des Betons.

6.4.9 Eigenschaften des Betons

Eigenschaften des Frischbetons

Frischbeton muss sich gut verarbeiten, einbringen und verdichten lassen. Ein Maß für die Verarbeitbarkeit ist die Konsistenz des Frischbetons. Zur Beurteilung der Betonkonsistenz sind vier Prüfverfahren vorgesehen, und zwar werden das Ausbreit-, das Verdichtungs-, das Setz- und das Setzzeitmaß gemessen. Bevorzugte Prüfverfahren in Deutschland sind der Ausbreitversuch und für steifere Betone der Verdichtungsversuch.

Mit Hilfe dieser Verfahren kann der Beton einer Konsistenzklasse (Tabelle 6-13) zugeordnet werden.

Ausbreitversuch

Das Ausbreitmaß d kann zur Bestimmung der Konsistenz von plastischem bis sehr fließfähigem Beton herangezogen werden (Bei steifem Beton sollte der Verdichtungsversuch verwendet werden).

Erforderliche Geräte und Materialien:

- Ausbreittisch von 70 cm x 70 cm
- eine Form (Kegelstumpf)
- ein Stößel.

Durchführung des Ausbreitversuchs:

1. Die Form wird mittig auf die Tischplatte gestellt, die Tischplatte und die Innenfläche der Form sind feucht abzuwischen. In die Form wird Beton in zwei etwa gleich dicken Schichten eingefüllt. Dabei ist jede Schicht durch zehn leichte Stöße mit dem Stößel auszugleichen. Der Beton ist mit der Oberkante der Form bündig abzustreichen.
2. 30 Sekunden nach dem Abstreichen des Betons ist die Form an den Handgriffen langsam senkrecht anzuheben.
3. Die Tischplatte wird 15-mal langsam bis zum Anschlag angehoben und frei fallen gelassen.
4. Die rechtwinklig zueinander liegenden Durchmesser d_1 und d_2 des ausgebreiteten Betons werden parallel zu den Tischkanten auf cm genau gemessen. Aus diesen beiden Werten wird der Mittelwert gebildet.
5. Einordnung des Betons in die jeweilige Konsistenzklasse.

Verdichtungsversuch

Durch den Verdichtungsversuch wird das Verdichtungsmaß c ermittelt. Dieses Maß gibt die Konsistenz von sehr steifem bis plastischem Beton an. Für weiche sowie fließfähige Betone ist der Ausbreitversuch heranzuziehen.

Erforderliche Geräte und Materialien:

- Blechbehälter von 40 cm Höhe und 20 cm x 20 cm Querschnitt
- Rütteltisch oder Innenrüttler

Durchführung des Verdichtungsversuches:

1. Der Blechbehälter wird feucht ausgewischt oder leicht eingeölt und die Grundfläche wird mit Folie ausgelegt. In den Behälter wird Beton lose eingefüllt und bündig abgestrichen.
2. Der Beton wird mit dem Rütteltisch oder einem Innenrüttler verdichtet.
3. In der Mitte der vier Seitenflächen wird der Abstand vom oberen Behälterrand bis zur Betonoberfläche auf mm genau gemessen und anschließend das mittlere Abstichmaß s ermittelt. Die mittlere Höhe des verdichteten Betons beträgt
   $h = 40 - s$ [cm].
4. Das Verdichtungsmaß beträgt $c = 40 : h$.
5. Einordnung des Betons in die jeweilige Konsistenzklasse.

Konsistenzbereich	Ausbreitmaß [cm]		Verdichtungsmaß	
sehr steif			C0	$\geq$ 1,46
steif	F1	$\leq$ 34	C1	1,45 bis 1,26
plastisch	F2	35 bis 41	C2	1,25 bis 1,11
weich	F3	42 bis 48	C3	1,10 bis 1,04
sehr weich	F4	49 bis 55		
fließfähig	F5	56 bis 62		
sehr fließfähig	F6	$\geq$ 63		

6-13 Konsistenzklassen

Eigenschaften des Festbetons

Die wichtigste Eigenschaft des Festbetons ist die Druckfestigkeit. Die Druckfestigkeitsklassen (Tabelle 6-14) umfassen Normal- und Schwerbeton (C), hochfesten Beton (C) und Leichtbeton (LC). Sie werden durch zwei Zahlen, getrennt durch einen Schrägstrich, benannt.

Der erste Wert ist die Zylinderdruckfestigkeit $f_{ck,cyl.}$

(Zylinder: l = 300 mm, Durchmesser = 150 mm).

Der zweite Wert ist die Würfeldruckfestigkeit $f_{ck,\,cube}$ nach 28 Tagen Wasserlagerung

(Würfel: Kantenlänge = 150 mm).

In Deutschland ist der Würfel die übliche Probekörperform, somit ist der zweite Wert maßgebend.

Druckfestigkeitsklassen	Mindestdruckfestigkeit von Zylindern $f_{ck,\,cyl}$ in N/mm^2	Mindestdruckfestigkeit von Würfeln $f_{ck,\,cube}$ in N/mm^2
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
Hochfester Beton		
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

6-14 Festigkeitsklassen von Normal- und Schwerbeton

Die angegebenen Festigkeiten beziehen sich auf nass gelagerte Probekörper. Da diese bei der Prüfung eine niedrigere Festigkeit als Probekörper nach Trockenlagerung, die in Deutschland üblich ist, ergeben, ist für die Zuordnung in eine Festigkeitsklasse die ermittelte Festigkeit abzumindern:

$f_{c,cube} = 0{,}92\ f_{c,dry,cube}$ bei Normalbeton bis einschließlich C50/60

$f_{c,cube} = 0{,}95\ f_{c,dry,cube}$ bei hochfestem Normalbeton ab C55/67.

6.4.10 Betonzusammensetzung

Beton darf als

- Standardbeton
- Beton nach Eigenschaften
- Beton nach Zusammensetzung

hergestellt werden. Die DIN EN 206-1 legt die Verantwortlichkeit für den Verfasser der Leistungsbeschreibung, den Hersteller sowie den Verwender fest.
Beton nach Eigenschaften und Beton nach Zusammensetzung unterscheiden sich im Wesentlichen dadurch, dass die Prüfungen (Erstprüfung, Konformitätsprüfung und Annahmeprüfung) von verschiedenen Verantwortlichen wahrgenommen werden.
Beim Beton nach Zusammensetzung werden die Ausgangsstoffe und ihre Zusammensetzung dem Betonhersteller vorgegeben. Beim Beton nach Eigenschaften ist der Betonhersteller für die Zusammensetzung des Betons sowie die geforderten Eigenschaften verantwortlich.

Standardbeton

Standardbeton wird für unbewehrten oder bewehrten Normalbeton verwendet, und zwar nur für Betone der Festigkeitsklassen C 8/10, C 12/15 und C 16/20. Er darf nur den Expositionsklassen X0, XC1 und XC2 zugeordnet sein. Die Mindestzementgehalte sind vorgegeben. Es dürfen nur natürliche Gesteinskörnungen verwendet werden. Zusatzstoffe und Zusatzmittel sind nicht zugelassen. Die Herstellung erfolgt anhand von Betonrezepten (Tabelle 6-15). Den Betonrezepten liegen folgende Annahmen zugrunde:
Oberflächenfeuchte der Gesteinskörnung 4,5 %
Dichte des Zements 3,00 kg/dm^3
Kornrohdichte der Gesteinskörnung 2,60 kg/dm^3
Luftgehalt 2 Vol.-% des verdichteten Frischbetons.
Die Betonrezepte enthalten Näherungswerte für die Stoffanteile von 1 m^3 verdichteten Betons. Die Stoffmengen für eine Mischerfüllung ergeben sich aus der Multiplikation der Werte des jeweiligen Betonrezeptes mit dem Nutzinhalt des Mischers (Tabelle 6-16).

Festigkeitsklasse des Zements	Größtkorn der Gesteinskörnung mm	Konsistenz	Zement kg			Zugabewasser l			Gesteinskörnung kg		
			Festigkeitsklasse			Festigkeitsklasse			Festigkeitsklasse		
			C8/10	C12/15	C16/20	C8/10	C12/15	C16/20	C8/10	C12/15	C16/20
32,5	16	steif	231	297	319	107	109	110	1937	1878	1878
		plastisch	253	330	352	130	133	134	1864	1793	1774
		weich	286	363	396	153	156	158	1780	1709	1679
	32	steif	210	270	290	83	86	87	2011	1956	1937
		plastisch	230	300	320	107	109	110	1937	1875	1856
		weich	260	330	360	130	133	134	1856	1793	1766
42,5	16	steif	210	270	290	106	108	109	1956	1902	1883
		plastisch	230	300	320	129	132	132	1883	1820	1802
		weich	260	330	360	152	155	156	1802	1739	1712
	32	steif	189	243	261	83	85	85	2029	1980	1965
		plastisch	207	270	288	106	108	109	1959	1902	1885
		weich	234	297	324	129	131	133	1880	1824	1798

6-15 Betonrezepte für 1 m^3 Standardbeton

Nenninhalt des Mischers nach DIN 459 [m^3]		0,15	0,25	0,33	0,50	0,75	1,00
Nutzinhalt [m^3]	steif	0,15	0,25	0,33	0,50	0,75	1,00
für Beton-	plastisch	0,18	0,30	0,40	0,60	0,90	1,20
konsistenz	weich	0,20	0,34	0,45	0,67	1,01	1,35

6-16 Nutzinhalt von Betonmischern

Beton nach Eigenschaften

Die Anforderungen an den Beton erstrecken sich u. a. auf

- die Zementart
- die Mindestfestigkeitsklasse des Betons
- den höchstzulässigen Wasserzementwert
- den Mindestzementgehalt.

Die zu verwendende Zementart ist der Tabelle „Anwendungsbereiche der Zemente in den Expositionklassen“ (Tabelle 6-17) zu entnehmen. Die Mindestfestigkeitsklasse des Betons, der höchstzulässige Wasserzementwert und der Mindestzementgehalt sind in der Tabelle „Anforderungen an die Zusammensetzung des Betons in Abhängigkeit von den Expositionsklassen“ (Tabelle 6-18) aufgeführt.

Die Betonzusammensetzung wird unter Berücksichtigung der Normanforderungen mit Hilfe der Mischungsberechnung bzw. der Stoffraumrechnung ermittelt.

Zemente		Expositionsklassen						
		XO XC2	XC1	XC3 XC4 XD1 XD3 XS1 XS3 XM1 XM2 XM3	XD2 XS2 XA1 XA2[1] XA3[1]	XF1	XF2 XF4[2]	XF3
CEM I								
CEM II	A/B S							
	A D							
	A/B P/Q							
	A/B V							
	A W							
	B W							
	A/B T							
	A LL							
	B LL							
	A L							
	B L							
	A M							
	B M							
CEM III	A							
	B							
	C							
CEM IV								
CEM V								

= gültiger Anwendungsbereich = für die Expositionsklasse nicht anwendbar

[1] Bei Sulfatangriff (ausgenommen bei Meerwasser) SR-Zement

[2] Bei Verwendung von CEM III/A, Festigkeitsklasse ≥ 42,5 oder Festigkeitsklasse ≥ 32,5 R mit Hüttensandanteil ≤ 50 M.-%. CEM III/B darf nur verwendet werden (dabei kann auf LP verzichtet werden):
- Meerwasserbauteile: w/z ≤ 0,45; z ≥ 340 kg/m^3; ≥ C 35/45
- Räumerlaufbahnen: w/z ≤ 0,35; z ≥ 360 kg/m^3; ≥ C 40/50

6-17 Anwendungsbereiche der Zemente in den Expositionsklassen (nach R. Weber „Guter Beton“)

Expositionsklasse	Mindestfestigkeits-klasse	höchstzulässiger w/z-Wert	Mindestzement-gehalt [kg/m^3]
X0	C 8/10	-	-
XC1	C 16/20	0,75	240
XC2	C 16/20	0,75	240
XC3	C 20/25	0,65	260 (240)
XC4	C 25/30	0,60	280 (270)
XD1	C 30/37	0,55	300 (270)
XD2	C 35/45	0,50	320 (270)
XD3	C 35/45	0,45	320 (270)
XS1	C 30/37	0,55	300 (270)
XS2	C 35/45	0,50	320 (270)
XS3	C 35/45	0,45	320 (270)
XF1	C 25/30	0,60	280 (270)
XF2	C 25/30	0,55	300
XF2 mit Taumitteln	C 35/45	0,50	320
XF3	C 25/30	0,55	300 (270)
XF3 ohne Taumittel	C 35/45	0,50	320 (270)
XF4	C 30/37	0,50	320
XA1	C 25/30	0,60	280 (270)
XA2	C 35/45	0,50	320 (270)
XA3	C 35/45	0,45	320 (270)
XM1	C 30/37	0,55	300 (270)
XM2[1])	C 30/37	0,55	300 (270)
XM2[2])	C 35/45	0,45	320 (270)
XM3	C 35/45	0,45	320 (270)

Die Klammerwerte geben den Mindestzementgehalt bei Verwendung von Zusatzstoffen an.
[1]) Beanspruchung durch luftbereifte Gabelstapler
[2]) Beanspruchung durch schweren Gabelstaplerverkehr

6-18 Anforderungen an die Zusammensetzung des Betons in Abhängigkeit von den Expositionsklassen

Berechnung der Mischungsbestandteile, Stoffraumrechnung

Um Beton herzustellen, benötigt man die jeweiligen Anteile des Zementes, des Wassers und der Gesteinskörnung in kg für einen m^3 verdichteten Beton.

Vorgegeben sind im Allgemeinen die geforderte Expositionsklasse, die Festigkeitsklasse und die Konsistenz des Betons.

1. Wassergehalt

Die Wassermenge w ist abhängig von der Kornzusammensetzung und der Konsistenz. Mit Hilfe der aus der Kornzusammensetzung berechneten Körnungsziffer lässt sich der Wasseranspruch aus der Grafik „Wasseranspruch“ (Bild 6-11) ermitteln.

2. Zementgehalt

Die erforderliche Zementmenge z ergibt sich aus dem Wasserzementwert. Der Wasserzementwert ergibt sich aus dem Walz-Diagramm (Bild 6-12). Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Diagramm von einer Trockenlagerung der Probekörper ausgeht, die geforderte Betondruckfestigkeit sich aber auf Nasslagerung bezieht. Die Druckfestigkeit ist daher entsprechend anzupassen.

$$\text{Wasserzementwert } w/z = \frac{\text{Wassermenge } w}{\text{Zementmenge } z}\text{; daraus folgt: Zementmenge } z = \frac{w}{w/z}$$

Liegt dieser Wert unter dem des Mindestzementgehalts der vorgegebenen Expositionsklasse, ist der höhere Wert maßgebend.

3. Gesteinskörnung

Nachdem der Wassergehalt in kg/m^3 und der Zementgehalt in kg/m^3 berechnet worden sind, wird der Gehalt der Gesteinskörnung g durch die sog. Stoffraumrechnung ermittelt. Auf der Grundlage von 1 m^3 verdichteten Betons werden die Volumina des Wassers, des Zements, der Gesteinskörnung und der Luft berechnet. Der Luftgehalt wird mit 20 dm^3 berücksichtigt. Sind die Volumina von Wasser, Zement und Luft bekannt, lässt sich berechnen, welches Volumen für die Gesteinskörnung noch zur Verfügung steht.

Die Raumanteile der einzelnen Stoffe ergeben sich aus der Division Masse durch Gewicht.

$$1000\ [\text{dm}^3] = \frac{g}{\varrho_g} + \frac{z}{\varrho_z} + \frac{w}{\varrho_w} + p;\quad g = (1000 - \frac{z}{\varrho_z} - \frac{w}{\varrho_w} - p) \times \varrho_g$$

g = Masse der Gesteinskörnung in kg
z = Masse des Zementes in kg
w = Masse des Wassers in kg
ϱ_g = Dichte der Gesteinskörnung in kg/dm^3
ϱ_z = Dichte des Zementes in kg/dm^3
ϱ_w = Dichte des Wassers in kg/dm^3
p = Luftporengehalt in dm^3

6.4.11 Betonbau

Herstellen der Betonschalung (Einschalen, Ausschalen)

Aufgabe der Schalung ist es, dem Beton seine Form zu geben. Sie muss so konstruiert sein, dass sie ihre Form und Lage beim Einbringen des Betons nicht verändert, andererseits nach der Erhärtung des Betons leicht und ohne größere Verluste an Schalmaterial wieder entfernt werden kann. Das Zusammenbauen der Schalung heißt „Einschalen", das Entfernen der Schalung „Ausschalen".

Beim Einschalen sind besondere Regeln zu beachten, die Gewähr für einen fachgerechten und standsicheren Aufbau bieten. Für Ingenieurbauwerke wird in der Regel ein Schalplan auf der Grundlage einer statischen Berechnung erstellt.

Nach dem herzustellenden Bauteil unterscheiden wir Schalungen für

- Fundamente
- senkrechte Wände
- Platten, Decken, Kragplatten
- Treppen
- Balken, Unterzüge, Stürze (Bild 6-19)
- Stützen, Pfeiler, Säulen (Bild 6-20).

Als Materialien einer konventionellen Standschalung kommen beim Einschalen zum Einsatz:

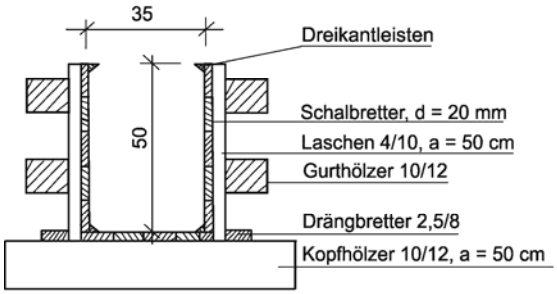
- Schalbretter
  Schalbretter sind in der Regel 24 mm dick bei einer Breite von 10 bis 15 cm. Die Kernseite der Bretter befindet sich auf der Betonseite, also der Belastung zugekehrt.
- Laschen und Knaggen
  müssen so angebracht werden, dass sie in Faserrichtung belastet werden.
- Schaltafeln
  Insbesondere bei (großflächigen) Deckenschalungen kommen heute Schaltafeln zum Einsatz. Ihre Größe beträgt 0,50 m mal 1,50 m oder 0,50 m mal 2,00 m.
- Kanthölzer
  Kanthölzer haben folgende Abmessungen (cm/cm): 8/8, 8/10, 8/14, 10/10, 10/12,10/14.
- Schalungsträger
  Stählerne Schalungsträger sparen Schalholz und Arbeitszeit. Sie bestehen meist aus einer leichten Stahlkonstruktion und lassen sich auf beliebige Längen einstellen.
- Stützen
  Als Stützen werden Rundhölzer oder Stahlstützen verwendet.
- Befestigungs- und sonstiges Material
  Keile, Bolzen, Rödeldraht, Spannschlösser, Nägel.
- Trennmittel (Schalungsöl)
  Trennmittel müssen biologisch abbaubar sein.

Weitere Schalungsarten sind:

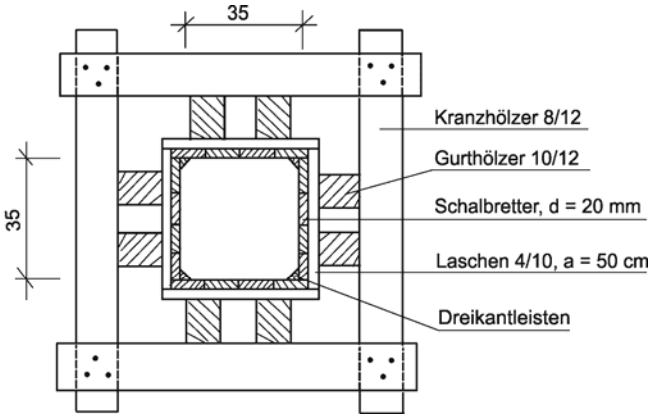
- Systemschalungen
  Diese Schalungen bestehen aus vorgefertigten, industriell hergestellten und wieder verwendbaren Schalelementen.
- Bewegliche Schalungen
  - Kletterschalung
    Die Kletterschalung klettert mit dem Bauwerk in die Höhe. Sie wird bei turmartigen Bauwerken mit möglichst gleichbleibendem Querschnitt verwendet. Das Klettergerüst wird am fertiggestellten Betonabschnitt verankert.
  - Gleitschalung
    Die Gleitschalung gleitet an Kletterstangen am abgebundenen Beton bei hohen Bauwerken. In einem kontinuierlichen Bauablauf im 24-Stunden-Betrieb wird die Schalung positioniert, die Bewehrung verlegt und der Beton eingebracht.
  - Horizontale Fahrschalung
    Diese Schalung wird für Linienbauwerke (z. B. Tunnels) verwendet. Nach dem Abbinden des Betons wir die Schalung in den nächsten Bauabschnitt verschoben.
- Sonderschalungen
  Diese Schalungen werden für ein spezielles Bauwerk konstruiert.

Grundlage für das Herstellen einer Schalung ist der Schalplan mit Angaben über

- die Abmessungen des Bauteils
- die vorgesehenen Aussparungen
- die Einbauteile.



6-19 Schalung für einen Stahlbetonbalken (Querschnitt)



6-20 Schalung für eine Stahlbetonstütze (Querschnitt)

Das Ausschalen des Bauteils erfolgt nach der Erhärtung des Betons. Die Frist bis zum Ausschalen ist abhängig von

- der Zementfestigkeitsklasse
- den Temperaturen während der Erhärtung
- der Dauer der Nachbehandlung
- der Art des Bauteils.

In der deutschen Betonnorm sind keine Anhaltswerte für Ausschalfristen angegeben. Die nachfolgend genannten Fristen (Tabelle 6-21) sind der alten Norm entnommen. Sie sind Näherungswerte für den frühestmöglichen Zeitpunkt. Bei niedrigen Temperaturen sind diese Fristen zu verlängern

Festigkeitsklasse des Zementes	Schalung der Deckenplatten	Seitliche Balken-schalung, Schalung von Wänden und Stützen	Stützen für Balken-schalung
32,5 N	8 Tage	3 Tage	20 Tage
32,5 R, 42,5 N	5 Tage	2 Tage	10 Tage
42,5 R, 52,5 N, 52,5 R	3 Tage	1 Tag	6 Tage

6-21 Richtwerte für Ausschalfristen

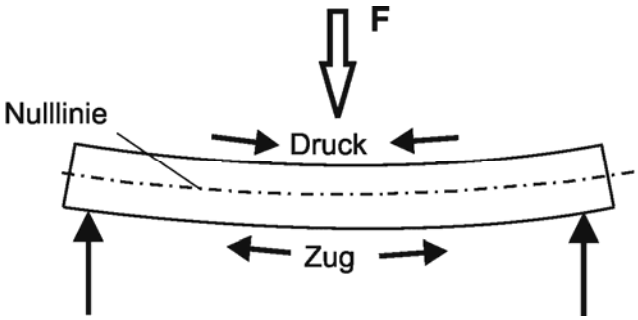
Herstellen der Bewehrung für ein Stahlbetonbauteil

Zweck der Bewehrung

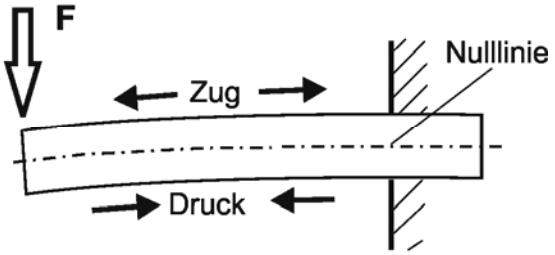
Beton hat eine hohe Druckfestigkeit, er kann jedoch nur geringe Zugspannungen aufnehmen. Die bei Stahlbetonkonstruktionen auftretenden Zugspannungen müssen grundsätzlich durch Bewehrungsstähle aufgenommen werden. Das Zusammenwirken von Stahl und Beton ermöglichen

- das Haftvermögen zwischen Stahl und Beton
- die elastische Eigenschaft des Stahles
- die nahezu gleichen Wärmedehnzahlen (Ausdehnungskoeffizienten) von Stahl und Beton
- das Nichtrosten des Stahles in alkalischem Beton.

Neben den Zugspannungen muss die Bewehrung auch Druckspannungen aufnehmen, z. B. in Säulen oder wenn der vorhandene Betonquerschnitt in der Druckzone nicht ausreicht.
Am Beispiel eines Balkens auf zwei Stützen, der in der Mitte belastet wird, sieht man, dass sich dieser durchbiegt (Bild 6-22). Auf der Oberseite, der Druckseite, tritt eine Verkürzung des Balkens, auf der Unterseite, der Zugseite, eine Verlängerung des Balkens ein. In der Mitte befindet sich die neutrale Zone, die Nulllinie. Am oberen Rand treten somit Druckspannungen, am unteren Rand Zugspannungen auf. Die Druckspannungen werden in dem Balken durch den Beton, die Zugspannungen durch die Bewehrung aufgenommen.
Bei einem Kragarm- oder träger, der am äußeren Ende belastet wird, ist das Spannungsbild genau umgekehrt (Bild 6-23). Hier liegt die Bewehrung oben.



6-22 Balken auf zwei Stützen



6-23 Kragträger

Weil an der Oberseite Druckkräfte und an der Unterseite Zugkräfte auftreten, entstehen in der Längsrichtung des Balkens Horizontalkräfte, sog. Schubspannungen. Liegen z. B. mehrere Holzbretter übereinander und werden diese belastet, so biegen sie sich nach unten durch und verschieben sich an den Enden. Hieran kann man die Wirkung der Schubspannungen erkennen, die, wie man auch feststellen kann, an den Auflagern am größten sind. Darüber hinaus treten auch Schubspannungen in der Querrichtung des Balkens auf. Schubkräfte in einem Balken werden in der Regel durch Bügel und durch Schrägstäbe aufgenommen.

Betonstahl

Betonstahl (BS) wird unterteilt in Betonstabstahl (S), Bewehrungsdraht und Betonstahlmatten (M). Er ist mit einer Mindeststreckgrenze von 500 N/mm^2 und einer Mindestzugfestigkeit von 550 N/mm^2 in der Festigkeitsklasse IV eingeteilt.
Die Dehnbarkeit (Duktilität) des Betonstahls wird mit den Buchstaben „A“ und „B“ angegeben. Betonstahl mit normaler Duktilität wird mit „A“, derjenige mit hoher Duktilität mit „B“ gekennzeichnet.

Betonstabstahl

Betonstabstahl wird in Längen von 12 bis 15 m mit einem Durchmesser von 6 bis 32 (40) mm geliefert. Er ist durch unterschiedliche Rippenanordnung gekennzeichnet, und zwar als nicht verwundener Stahl mit und ohne Längsrippen, als kalt verwundener Stahl sowie als tiefgerippter Stahl.

Bewehrungsdraht

Bewehrungsdraht hat glatte oder profilierte Stäbe von 4 bis 12 mm Durchmesser.

Betonstahlmatten

Betonstahlmatten bestehen aus Längs- und Querstäben mit unterschiedlicher Rippung. Die Stäbe mit einem Durchmesser von 4 bis 12 mm sind gitterartig verschweißt. Betonstahlmatten werden geliefert als

- Lagermatten
- Designmatten
- Vorratsmatten.

Lagermatten (Tabelle 6-24) sind standardisierte Matten mit festgelegten Abmessungen und festgelegtem Aufbau. Sie sind 2,30 m/2,35 m breit und 6,00 m lang. Lagermatten werden als Q- und als R-Matten hergestellt.

Mattenbezeichnung	Länge und Breite	Mattenaufbau					Querschnitte längs/quer	Gewicht		Randeinsparung
		Stababstände	Stabdurchmesser innen	Stabdurchmesser außen	Anzahl der Längsrandstäbe			Matte	m^2	
	m	mm	mm	mm	links	rechts	cm^2/m	kg	kg	
Q 188 A	6,00 x 2,30	150/150	6,0/6,0				1,88/1,88	41,7	3,02	ohne
Q 257 A	6,00 x 2,30	150/150	7,0/7,0				2,57/2,57	56,8	4,12	ohne
Q 335 A	6,00 x 2,30	150/150	8,0/8,0				3,35/3,35	74,3	5,38	ohne
Q 424 A	6,00 x 2,30	150/150	9,0d/9,0	7,0	4	4	4,24/4,24	84,4	6,12	mit
Q 524 A	6,00 x 2,30	150/150	10,0d/10,0	7,0	4	4	5,24/5,24	100,9	7,31	mit
Q 636 A	6,00 x 2,35	100/125	9,0d/10,0	7,0	4	4	6,36/6,28	132,0	9,36	mit
R 188 A	6,00 x 2,30	150/250	6,0/6,0				1,88/1,13	33,6	2,43	ohne
R 257 A	6,00 x 2,30	150/250	7,0/6,0				2,57/1,13	41,2	2,99	ohne
R 335 A	6,00 x 2,30	150/250	8,0/6,0				3,35/1,13	50,2	3,64	ohne
R 424 A	6,00 x 2,30	150/250	9,0d/8,0	8,0	2	2	4,24/2,01	67,2	4,87	mit
R 524 A	6,00 x 2,30	150/250	10,0d/8,0	8,0	2	2	5,24/2,01	75,7	5,49	mit

6-24 Lagermatten (Betonstahlmatten BSt 500 M (A)

Q-Matten besitzen Tragstäbe mit gleichem Durchmesser in Längs- und Querrichtung. Die Stababstände betragen jeweils 150 mm (die Matte Q 636 hat Stababstände von 100/125 mm). Q-Matten finden bei kreuzweise bewehrten Bauteilen Anwendung.

R-Matten haben Tragstäbe nur in Längsrichtung (Spannrichtung) bei einem Abstand von 150 mm. Die Querstäbe mit einem Abstand von 250 mm sind Verteilerstäbe.

Lagermatten mit Doppelstäben sind als Randsparmatten ausgebildet. Um beim Stoß der Matten in Querrichtung eine Querschnittsverstärkung zu vermeiden, werden im Randbereich nur Einzelstäbe verwendet.

Designmatten werden nach individuellen Anforderungen konstruiert. Länge, Breite und Stabdurchmesser sowie Stababstand sind frei wählbar.

Vorratsmatten sind standardisierte Matten, die die Vorteile der Lagermatten und der Designmatten miteinander verknüpfen. Die maximale Mattenlänge beträgt 6,50 m, die maximale Breite 2,45 m.

Bewehrungsarbeiten

Grundlage für das Ablängen, das Biegen und Verlegen der Bewehrung sind die Bewehrungszeichnungen, die aus dem Bewehrungsplan, dem Stahlauszug und der Stahlliste bestehen.

Der Bewehrungsplan enthält Angaben über die

- Bewehrungsmenge, die Bewehrungsgüte und die Bewehrungsform
- Lage der Bewehrung
- Druckfestigkeit und Expositionsklasse des Betons
- Betondeckung.

Der Stahlauszug führt alle Biegeformen mit allen Maßangaben, der Stabanzahl und der Stahlsorte auf. Biegeformen sind

- gerade Stahleinlagen
- gerade Stahleinlagen mit Winkelhaken
- aufgebogene Stäbe
- Bügel
- Baustahlmatten.

Die Stahlliste ist eine Zusammenstellung aller Stahleinlagen.
Nachfolgend sind die Bewehrung eines Betonbalkens (Bild 6-25), einer Winkelstützmauer (Bild 6-26) und einer Deckenplatte (Bild 6-27) dargestellt.

Ablängen, Biegen und Verbinden der Betonstähle

Zum Schneiden stehen zur Verfügung:

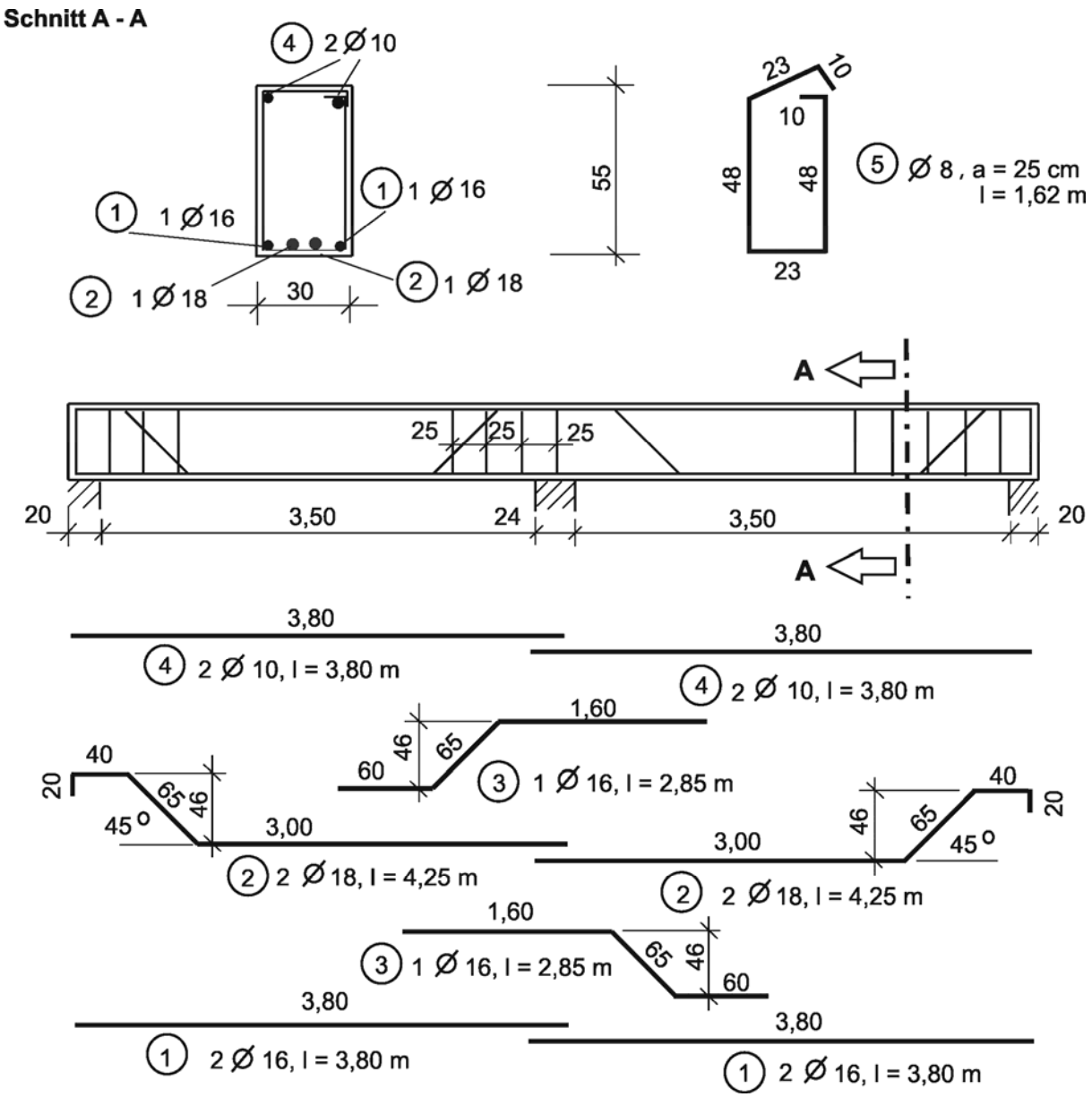
- Bolzenschneider
- Handschneidemaschine
- elektrische Schneidemaschine.

Die Schnittlängen der Stäbe werden dem Stahlauszug entnommen. Dabei ist die Längenzugabe für Aufbiegungen zu berücksichtigen.

Werkzeuge zum Biegen sind:

- Zwingen
- Handbiegeplatten
- elektrische Biegemaschinen.

Zum Biegen der Stähle mit Hilfe der Biegeplatte oder der elektrischen Biegemaschine wird der Stahl zwischen den Anschlagrollen und der Biegerolle gelegt. Der Durchmesser der Biegerolle ist abhängig vom Stahldurchmesser und der vorgesehenen Biegeform. Er beträgt bei Haken zwischen dem 4-fachen und 7-fachen Stahldurchmesser, bei Schrägstäben zwischen dem 10-fachen und 20-fachen Stahldurchmesser.



Beton:	C 20/25
Betonstahl:	BSt 500 S
Betondeckung:	c_{nom} = 3,5 cm

6-25 Bewehrung eines Betonbalkens

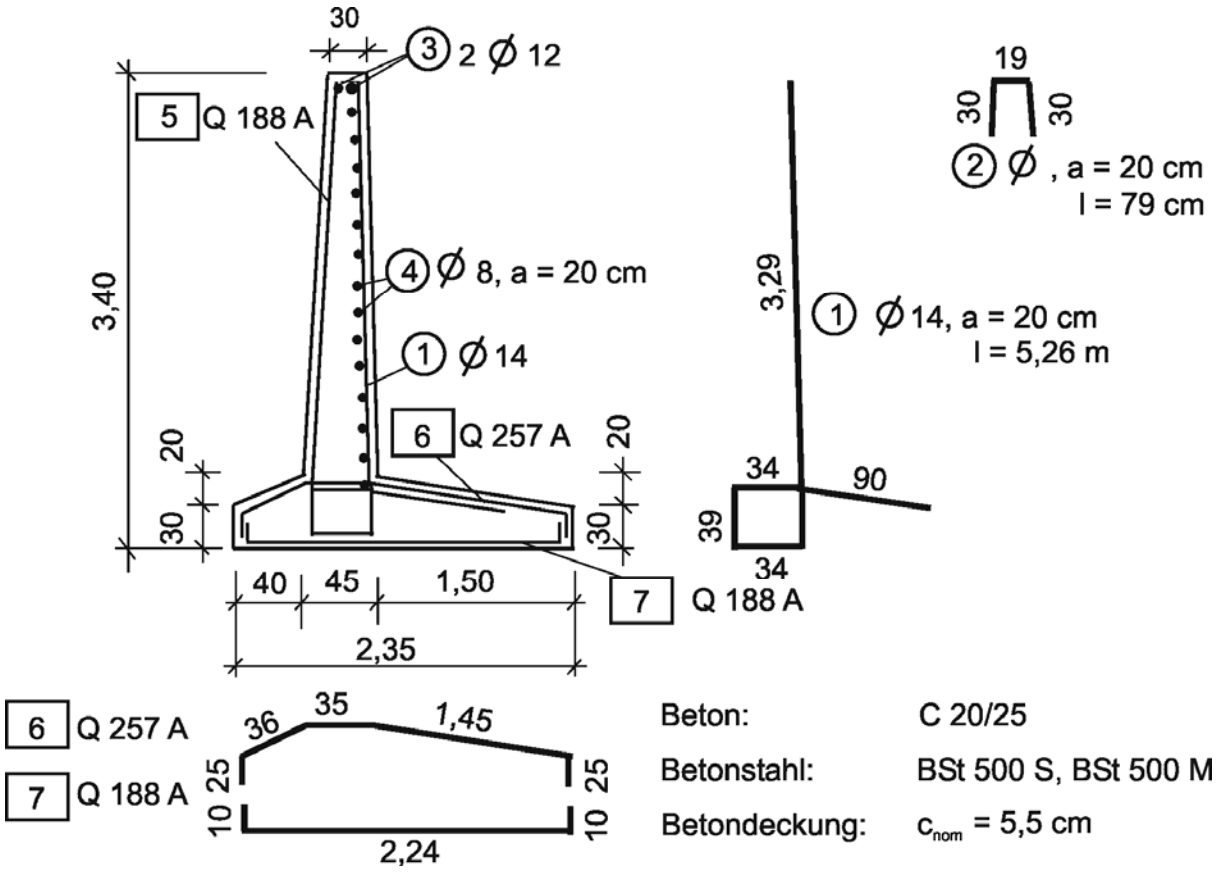
Das Verknüpfen der Stähle mit Knoten erfolgt mit Hilfe der Flechterzange und unter Verwendung von Bindedraht. Eine einfache Bindung zur Befestigung z. B. von Tragstäben und Verteilern ist der

- Eckschlag
  mit folgendem Arbeitsgang:
  1. Einen Haken an den Bindedraht biegen.
  2. Den Haken übereck unter den Tragstab biegen.

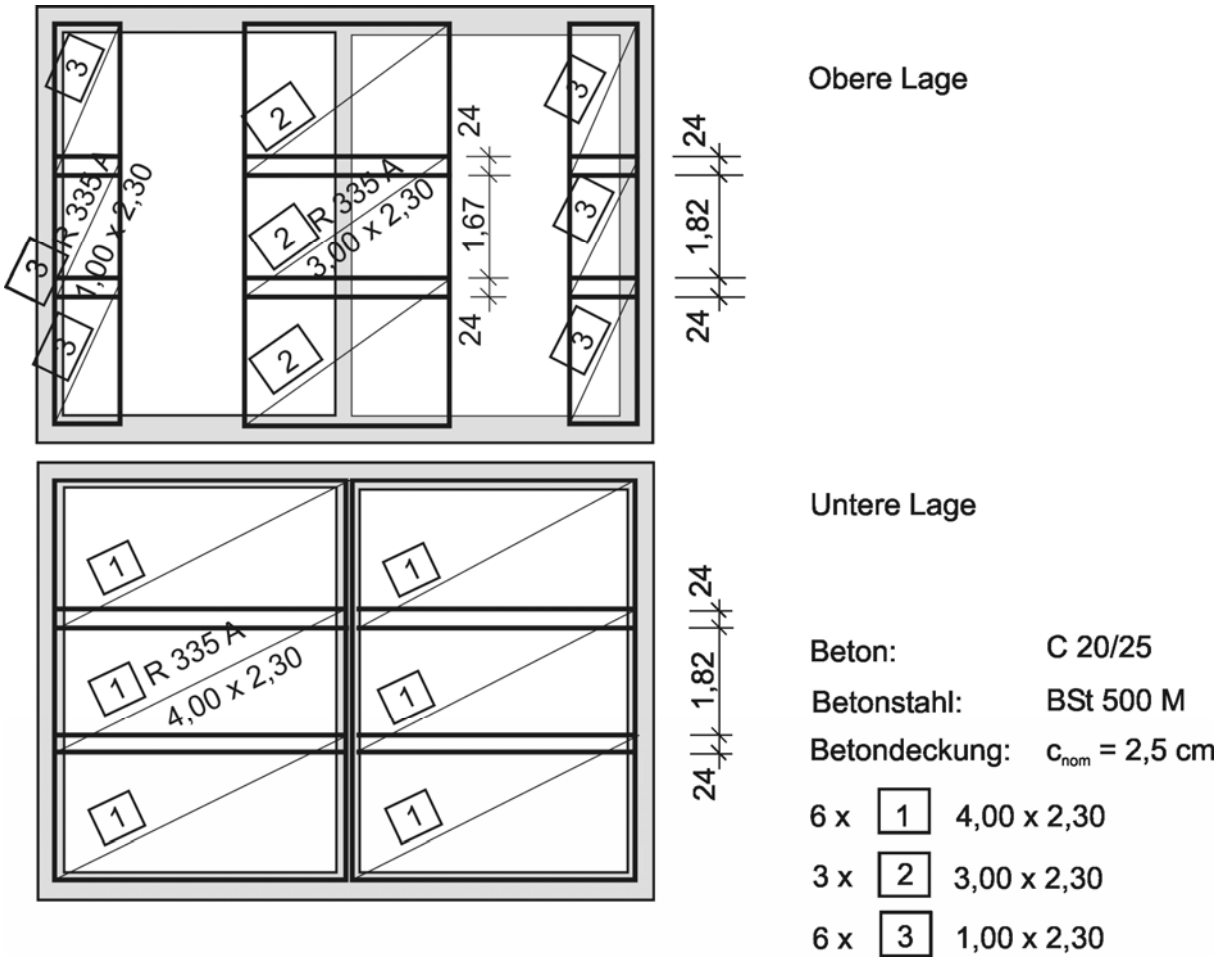
3. Bindedraht mit der Zange stramm ziehen.
4. Flechterzange zweimal herumdrehen.
5. Bindedraht abkneifen.

Weitere Knoten sind:

- Eckschlag mit doppeltem Bindedraht
- Doppelter Eckschlag (mit einfachem und doppeltem Bindedraht)
- Kreuzschlag
- Nackenschlag
- Doppelter Nackenschlag
- Hängemasche.



6-26 Bewehrung einer Winkelstützmauer



6-27 Deckenbewehrung

Betondeckung

Als Betondeckung wird der Abstand zwischen der Betonoberfläche und der Außenkante des Bewehrungsstahls bezeichnet. Sie muss ausreichend dick und dicht sein, um

- den Verbund zwischen der Bewehrung und dem Beton zu sichern
- die Bewehrung gegen Korrosion zu schützen
- den Brandschutz zu gewährleisten.

Die Mindestmaße der Betondeckung sind in Abhängigkeit von der Expositionsklasse und dem Stabdurchmesser in der DIN 1045-1 und DIN 4102-4 vorgegeben (Tabelle 6-28). Zur Berücksichtigung von Abweichungen ist die Mindestbetondeckung um ein Vorhaltemaß Δc zu vergrößern. Das Nennmaß c_{nom} beträgt somit $c_{min} + \Delta c$. Maßgebend für die Verlegung der Bewehrung ist das Verlegemaß c_v, das sich als größtes Maß aus den Nennmaßen der Betondeckung für die Längsstäbe und die Querbewehrung bzw. Bügel sowie aus den erforderlichen Betondeckungen für den Brandschutz ergibt ($c_v \geq c_{nom)}$.

Die Mindestbetondeckung c_{min} darf nicht kleiner als der Stabdurchmesser oder der Vergleichsdurchmesser eines Stabbündels sein. Das Vorhaltemaß Δc beträgt 10 mm bei der Expositionsklasse XC1 und 15 mm bei allen anderen Bauteilen, deren Bewehrung durch Karbonatisierung oder Chloride korrodieren kann.

Expositionsklasse	Stabdurchmesser d_s mm	Nennmaße c_{nom} mm
XC1	bis 10	20
	12, 14	25
	16,20	30
	25	35
	28	40
XC2, XC3	bis 20	35
	25	40
	28	45
XC4	bis 25	40
	28	45
XD1, XD2, XD3	bis 28	55
XS1, XS2, XS3	bis 28	55

6-28 Betondeckung der Bewehrung

Bei Stahlbetonbauteilen, die durch Verschleiß beansprucht werden, ist die Mindestbetondeckung wie folgt zu erhöhen:

bei Expositionsklasse XM 1= + 5 mm
bei Expositionsklasse XM2 = + 10 mm
bei Expositionsklasse XM3 = + 15 mm.

Um die erforderliche Betondeckung zu gewährleisten, ist die Bewehrung auf Abstandhaltern zu verlegen. Für die untere Bewehrung gibt es punktförmige, linienförmige oder flächige Abstandhalter und für die obere Bewehrung z. B. einer Platte Unterstützungskörbe, Unterstützungsböcke oder Stehbügel. Zur Lagesicherung der Stähle in Balken, Stützen und Wänden dienen – außer den Abstandhaltern – S - Haken und U - Haken.

6.4.12 Herstellen des Betons

Zement

Zement wird lose in Silofahrzeugen oder in Säcken zu 25 kg angeliefert. Die Grundfarben des Sackes und die Farbe des Aufdrucks weisen auf die Festigkeitsklasse hin. Der Abnehmer erhält bei der Lieferung von losem Zement einen Lieferschein sowie ein witterungsbeständiges Blatt, das alle wichtigen Angaben über den Zement enthält.

Gesteinskörnungen

Gesteinskörnungen sind bei Anlieferung und Lagerung vor Verunreinigungen zu schützen. Bei Lagerung der Gesteinskörnungen getrennt nach Korngruppen in Boxen müssen die Trennwände ausreichend hoch sein, um eine Vermischung der Korngruppen zu verhindern.

Mischen des Betons

Das Durchmischen der Ausgangsstoffe, die jeweils nach Gewicht zugegeben werden, erfolgt im Freifall- oder Zwangsmischer.

Der Freifallmischer nimmt das Mischgut während der Trommeldrehung bis zum Wendepunkt mit den Schaufeln hoch, wo es im freien Fall wieder zurück fällt. Die Entleerung erfolgt durch Kippen der Trommel oder bei größeren Mischern durch Umkehren der Drehrichtung.

Der Zwangsmischer hat einen feststehenden oder gegenläufigen Mischteller mit drehendem Rührwerk. Da das Mischgut immer im Kontakt mit dem Rührwerk steht, wird ein guter Wirkungsgrad erzielt. Die Entleerung erfolgt durch Drehen des Troges, Ziehen eines Schiebers oder Öffnen einer Klappe.

Einbringen des Betons

Das Einbringen des Betons geschieht per Hand, durch einen Krankübel, als Pumpbeton, durch Bandförderung oder als Spritzbeton. Um das Entmischen des Betons bei größerer Fallhöhe zu vermeiden, ist bei Fallhöhen von über zwei Metern ein Fallrohr zu verwenden, das bis kurz über den bereits eingebrachten Beton geführt wird.

Spritzbeton ist ein schnell erhärtender Beton, der aus einer Spritzdüse pneumatisch in Schichten von 5 bis 10 cm aufgetragen und durch die Aufprallenergie verdichtet wird.

Verdichten des Betons

Durch die Verdichtung des Betons werden die mit Luft gefüllten Hohlräume so weit wie möglich entfernt. Eine gute Verdichtung ist daher erforderlich, um die angestrebten Eigenschaften des Betons zu erreichen.

Die Verdichtungsart wird von der Konsistenz des Betons bestimmt. Nach dem Einsatz der Geräte wird unterschieden in stampfen, stochern, rütteln und klopfen an der Schalung. Unbewehrter steifer Beton wird durch Stampfen verdichtet. Steife und plastische Betone werden gerüttelt. Dabei kommen Oberflächen-, Innen- und Schalungsrüttler zum Einsatz. Weiche Betone werden gerüttelt oder gestochert. Außerdem kann das Verdichten durch Klopfen an der Schalung erreicht werden.

Transportbeton

Der Lieferschein für Transportbeton muss die Angaben unverschlüsselt und, soweit gefordert, automatisch ausgedruckt enthalten. Kopien sind dem Auftraggeber zu übergeben.

Diese für Transportbeton erforderlichen Informationen sind auch für Baustellenbeton maßgebend und dem Auftraggeber zur Verfügung zu stellen.

Nachbehandeln des Betons

Während der Hydratation, der Bildung des Zementsteines, ist der Beton nachzubehandeln und ggf. zu schützen, um

- das Frühschwinden (Volumenverringerung des Betons während des Austrocknens) gering zu halten
- eine ausreichende Festigkeit zu erreichen
- das Gefrieren zu verhindern
- Erschütterungen und Beschädigungen zu vermeiden.

Zum Erhärten benötigt der Beton Wasser. Damit das Wasser dem Frischbeton nicht durch Wind oder Sonne entzogen wird, ist im Rahmen der Nachbehandlung der Beton feucht zu halten. Dieses geschieht durch Abdecken mit Folien, durch Aufsprühen von Nachbehandlungsmitteln oder durch Besprühen mit Wasser.

Die Nachbehandlung beginnt nach Abschluss des Verdichtens oder der Oberflächenbearbeitung des Betons. Die Nachbehandlungsdauer ist abhängig von der Expositionsklasse und den Umgebungsbedingungen, der Zusammensetzung und Festigkeitsentwicklung des Betons sowie der Betontemperatur.
Bei mindestens z. B. 25^0 C Oberflächentemperatur beträgt die Dauer der Nachbehandlung in Abhängigkeit von der Festigkeitsentwicklung des Betons zwischen 1 Tag und 2 Tage, bei unter 10^0 bis 5^0 C dauert die Nachbehandlung zwischen 3 und 15 Tage.

6.4.13 Qualitätssicherung, Prüfen des Betons

Die Qualitätssicherung wird durch einen Konformitätsnachweis geführt. Konformität bedeutet Übereinstimmung des Betons mit den festgelegten Anforderungen. Unterschieden wird zwischen der Produktionskontrolle beim Betonhersteller und der Überwachung auf der Baustelle.
Wesentliches Hilfsmittel der Qualitätssicherung ist das Prüfen der einzelnen Bestandteile sowie des Betons. Prüfverfahren sind das Bestimmen bzw. Ermitteln

- der Kornzusammensetzung
- der Oberflächenfeuchte
- des Konsistenzmaßes
  - durch den Ausbreitversuch
  - durch den Verdichtungsversuch
- der Frischbetonrohdichte
- des Zementgehaltes
- des Wassergehaltes und des Wasserzementwertes
- des Luftgehaltes
- der Druckfestigkeit
  - an 28 Tage alten Würfeln
  - an entnommenen Bohrkernen
  - durch zerstörungsfreie Prüfung mit einem Rückprallhammer
- der Biegezugfestigkeit
- der Spaltzugfestigkeit
- der Wasserundurchlässigkeit.

6.4.14 Sanieren von Stahlbetonbauteilen

In Anbetracht der Vielzahl älterer Bauwerke in der WSV stellt das Sanieren von Stahlbetonbauteilen eine wichtige Aufgabe im Rahmen von Unterhaltungsmaßnahmen dar.
Der Alterungsprozess des Stahlbetons führt zur Korrosion des Stahles (s. Expositionsklassen), ausgelöst durch Karbonatisierung (eindringendes Kohlendioxyd baut die Alkalität des Betons, die den Korrosionsschutz des Stahles darstellt, ab), chemische oder physikalische Belastung, große Risse oder hohen Chloridgehalt im Beton. Dadurch erhöht sich das Volumen des Stahles. Das wiederum führt dazu, dass Teile des Betons abplatzen.
Vor einer Sanierungsmaßnahme ist eine Bestandsaufnahme der vom Schaden betroffenen Bauteile durchzuführen:

- Beton
  Durchfeuchtungen, Betonabplatzungen, Fehlstellen, Karbonatisierungstiefe, Rissverläufe, -breiten, -tiefen, -längen.
- Bewehrung
  Betondeckung, Korrosion.

Eine Sanierung wird wie folgt durchgeführt:

1. Entfernen der lockeren und schadhaften Betonteile
2. Untergrundvorbehandlung durch Stemmen, Fräsen, Schleifen oder Strahlen
3. Entrosten der freiliegenden Bewehrung
4. Prüfen der Alkalität, um den Umfang des abzutragenden Altbetons zu ermitteln.
5. Instandsetzungsmöglichkeiten mit
   - Beton
   - Spritzbeton
   - Spritzmörtel/Spritzbeton mit Kunststoffzusatz
   - Zementmörtel/Beton mit Kunststoffzusatz
6. Nachbehandlung
7. Füllen von Rissen
   Bei feinen Rissen im Stahlbeton sind geeignete Füllstoffe Zementsuspension, Epoxidharz oder Polyurethanharz. Epoxidharze eignen sich vor allem für kraftschlüssige Verbindungen, Polyurethanharze besitzen eine hohe Dehnfähigkeit und eine gute Abdichtung gegen Wasser.

Um den sanierten Beton vor äußeren Schäden zu schützen, kann er mit einem Oberflächenschutzsystem versehen werden. Bei diesem System kommen drei grundlegende Verfahren zur Anwendung:

- Hydrophobierung
  Durch eine hydrophobierende Imprägnierung erhält der Beton eine wasserabweisende Beschichtung, die in die Oberfläche eindringt.
- Versiegelung
  Eine versiegelnde Imprägnierung stellt eine filmbildende Schicht dar, die gegen Flüssigkeiten und Gase schützt.
- Beschichtung
  Eine Beschichtung schützt gegen mechanische und chemische Angriffe.

6.5 Bauwerksabdichtung

Bauwerksabdichtungen haben die Aufgabe, ein Bauwerk oder Bauteil gegen Eindringen von Wasser zu schützen. Der Wasserangriff besteht aus Sickerwasser (Niederschläge, Schmelzwasser und Gebrauchswasser), Grundwasser und Erdfeuchtigkeit, die immer im Erdboden vorhanden ist. Darüber hinaus ist ein Bauwerk auch gegen Gebrauchswasser z. B. im Behälterbau oder in Nassräumen zu schützen.
Als Abdichtungsarten kommen in Frage:

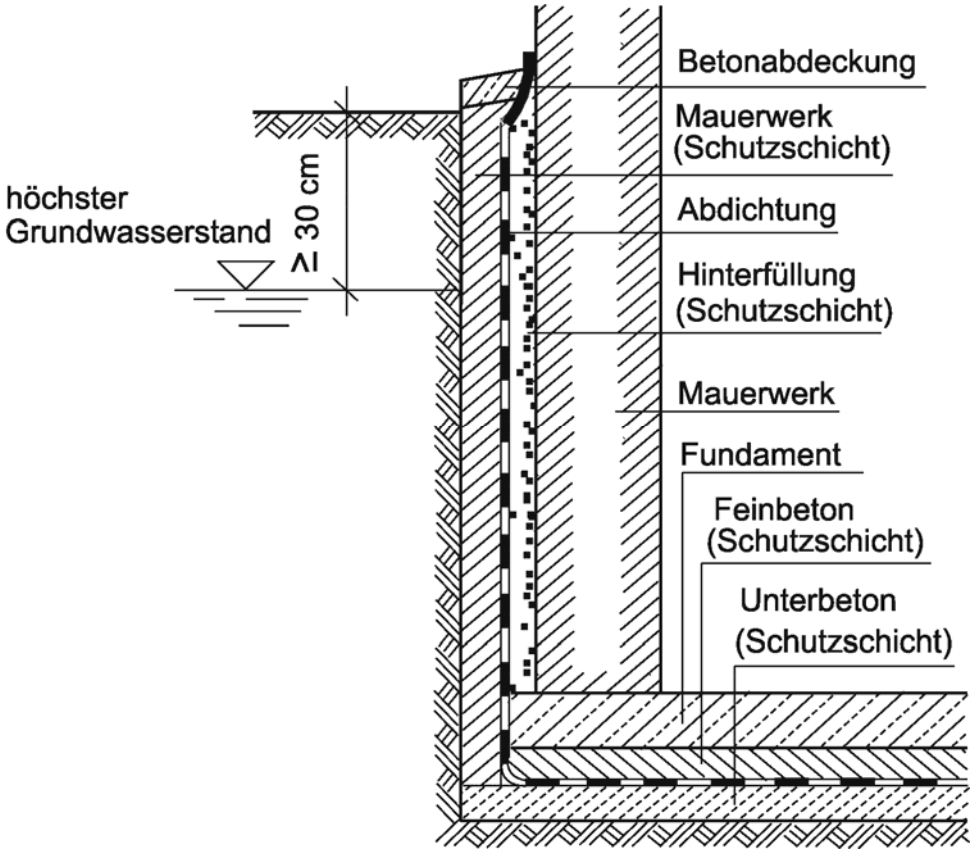
- Sperrschicht
- Außenhautabdichtung
- Wasserundurchlässiger Beton
- Innenhautabdichtung.

Sperrschicht

Sperrschichten schützen ein Bauwerk gegen Feuchtigkeit. Wir unterscheiden waagerechte, senkrechte und Fußbodensperrschichten.
Waagerechte Wandsperrschichten werden in Abhängigkeit von einer Unterkellerung oder Nichtunterkellerung und der Höhenlage der Kellerdecke angeordnet. Sie bestehen aus zwei Lagen Dachpappe.

Alle an das Erdreich angrenzenden Wandflächen müssen mit einer senkrechten Sperrschicht versehen werden. Diese wird im Allgemeinen als mehrfach bituminöser Anstrich hergestellt. Außerdem kommen Spachtelmassen, Dichtungsbahnen, Sperrmörtel und Kunststofffolien zur Anwendung.
Für trockene Fußböden, insbesondere bei nicht unterkellerten Bauwerken, werden Fußbodensperrschichten eingebaut. Diese bestehen aus geklebten Pappen, Dichtungsbahnen und Spachtelmassen.

Außenhautabdichtung
Die Außenhautabdichtung (Bild 6-29), aufgrund der Verwendung bituminösen Materials auch „Schwarze Wanne“ bezeichnet, befindet sich an den Außenflächen der tragenden Bauteile. Die Abdichtung erhält eine Schutzschicht aus Beton oder Mauerwerk. Diese Ausführung ist bei Neubauten der Regelfall.
Als Baustoffe für die Außenhaut kommen Bitumen-Spachtelmasse, Heißasphalt, Bitumenbahnen, Bitumen-Deckaufstriche, Kunststoffdichtungsbahnen und Metallbänder in Frage.



6-29 Außenhautabdichtung

Wasserundurchlässiger Beton
Wasserundurchlässiger Beton, auch als „Weiße Wanne“ bezeichnet, stellt das tragende Bauteil dar und übernimmt außerdem die Funktion der Abdichtung. Der Beton bedarf daher einer optimalen Zusammensetzung. So fordert die Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ u. a., dass bei einem Bauteil bis 40 cm Dicke in der Expositionsklasse XC4 der Wasserzementwert 0,60 nicht überschreitet, die Mindestfestigkeitsklasse C 25/30 und der Mindestzementgehalt 280 kg/m^3 beträgt. Außerdem sind die Mindestdicken der Wände und der Sohlplatte sowie die Betondeckung vorgeschrieben.

Innenhautabdichtung
Behälterbauwerke, die gegen Brauchwasser abgedichtet werden, erhalten eine Abdichtung an den Innenflächen des Bauwerkes. Als Baustoffe kommen in der Regel dieselben Materialien wie bei der Außenhautabdichtung zur Anwendung.
Bei Schwimmbecken, Feuerlöschteichen und ähnlichen Anlagen sollten jedoch leicht zugängliche und einfach auszubessernde Dichtungen gewählt werden.
Bei Kanalbrücken ist die Dichtung so festzulegen, dass sie auch Schiffsstößen genügend Widerstand leisten kann.

Sonderkonstruktionen
Besondere Maßnahmen erfordern der Einbau von Fugen und Dichtungsdurchbrechungen.
Wir unterscheiden Bewegungs-, Dehnungs-, Setzungs-, Arbeits- und Scheinfugen. Eine Abdichtung erfolgt durch Fugenbänder, Fugenbleche, Injektionsschläuche oder Quellbänder.
Rohr- und Kabeldurchführungen durch ein Bauteil, Entwässerungseinläufe, Geländerstützen u. Ä. sind mit einer Durchbrechung der Dichtung verbunden. Zur Abdichtung der Durchbrechung kommen Dichtungsmanschetten und Schellen oder Flanschkonstruktionen zur Anwendung.

Sanierungsmaßnahmen
Die häufigsten Bauschäden sind eine Durchfeuchtung der Kellerwände und der Sockelbereiche der Außenwände. Ursachen sind Schlagregen, aufsteigende Feuchtigkeit, hygroskopische Feuchtigkeit (durch Salzablagerungen) und Kondensatbildung.
Durchfeuchtung erfordert eine Trockenlegung des Mauerwerks und Einbau einer horizontalen und vertikalen Dichtung. Ein modernes Verfahren, um den hohen Arbeitsaufwand einer mechanischen Trockenlegung zu vermeiden, ist das Injektionsverfahren. Dabei wird das Mauerwerk mit Bohrlöchern versehen, in die flüssige Injektionsmittel eingebracht werden, um das Mauerwerk zu imprägnieren.
Als nachträglicher Einbau kann auch eine wasserdruckhaltende Innenhautdichtung in Frage kommen.

6.6 Böden

6.6.1 Bedeutung des Bodens im Baubereich

Der Boden ist – im Vergleich zu allen anderen Baustoffen – das vielseitigste Material im Baubereich. Er wird je nach Art des Bauwerkes als Baugrund oder Baustoff bewertet. Der Boden

- ist tragender Baugrund
- enthält das Grundwasser
- dient zur Hinterfüllung von Stütz- und Ufermauern
- nimmt den Seitendruck von Verankerungen auf
- dient zur Geländeaufhöhung
- ist Baustoff für Dämme, Deiche, Regelungsbauwerke, Böschungen, Unterhaltungswege.

6.6.2 Einteilung der Böden

Böden werden eingeteilt in

- Bodenarten (DIN EN ISO 14688)
  für die Kenntnis der Zusammensetzung der Böden
- Bodengruppen (DIN 18196)
  für bautechnische Zwecke

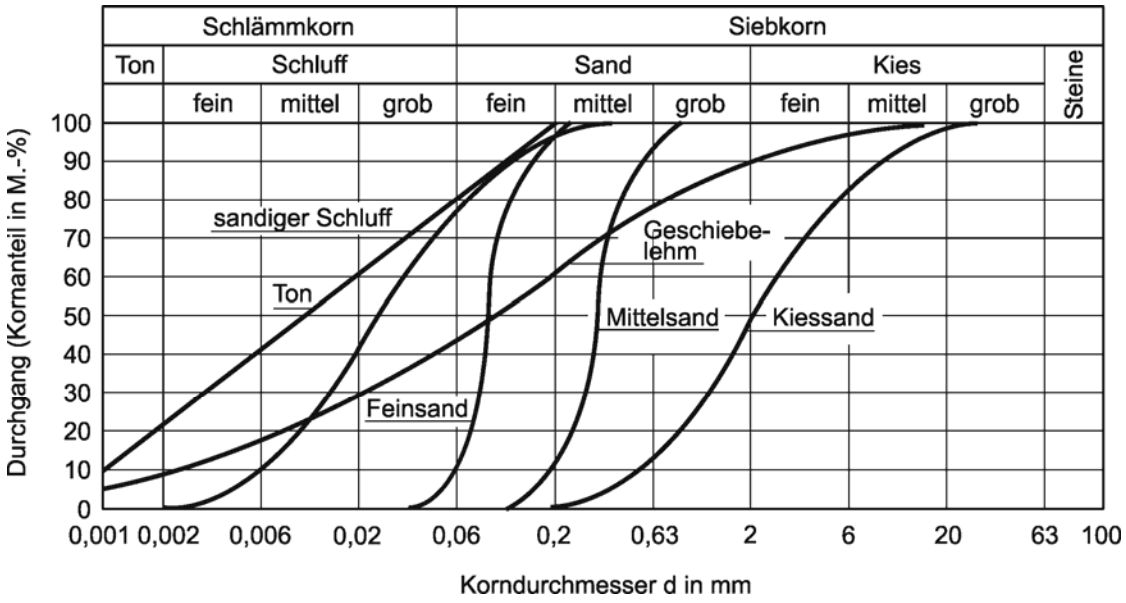
- Boden- und Felsklassen (DIN 18300)
  für die Planung, Kalkulation und Abrechnung von Erdarbeiten.

Bodenarten

Bodenarten (Tabelle 6-30) beschreiben die Zusammensetzung der Böden, die nach dem Korndurchmesser d in die vier Hauptbodenarten Ton, Schluff, Sand und Kies sowie Steine und Blöcke unterschieden werden. Die Zusammensetzung der Böden nach der Korngröße wird durch Schlämmanalyse bzw. durch Sieben ermittelt und mit Kornverteilungslinien dargestellt (Bild 6-31).

Korngröße [mm]	Bezeichnung	Kurzzeichen	englische Bezeichnung
≤0,002	Ton	Cl	Clay
>0,002 bis 0,063	Schluff	Si	Silt
>0,063 bis 2,0	Sand	Sa	Sand
>2,0 bis 63	Kies	Gr	Gravel
>63 bis 200	Steine	Co	Cobble
>200 bis 630	Blöcke	Bo	Boulder
>630	Große Blöcke	Lbo	Large Boulder

6-30 Bodenarten



6-31 Kornverteilungslinien

Bei den losen Böden wird zwischen nichtbindigen und bindigen Böden umterschieden.
Nichtbindige Böden sind Kiese, Sande und grobe Schluffe mit einer Korngröße >0,02 mm.
Bindige Böden sind die feineren Schluffe und Tone mit Korngrößen <0,02 mm.
Lehm ist ein Ton, der 30 bis 70 % Sand enthält.
Mergel ist ein tonhaltiger Kalkstein.

Erkennungsmerkmale der Bodenarten

Ton

Reibeversuch mit nassem Boden: seifig, lässt sich trocken nicht von den Fingern entfernen

Schluff

Reibeversuch mit nassem Boden: mehlig, lässt sich trocken leicht von den Fingern entfernen

Lehm

Reibeversuch mit nassem Boden: sandig

Mergel

Schäumt bei HCI-Probe

Organische Böden

Moderiger Geruch der frischen Probe

Sand

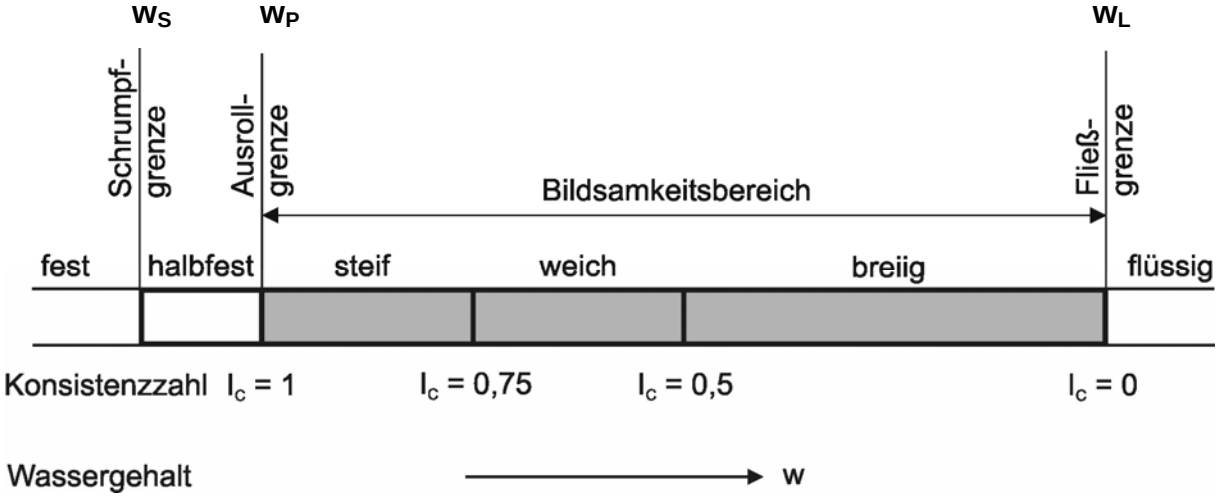
Korngröße erkennbar (etwa bis Stecknadelkopfgröße)

Kies

Korngröße erkennbar (etwa bis Hühnereigröße)

Konsistenz (Zustandsform) bindiger Böden

Der Wassergehalt bestimmt die Festigkeit bindiger Böden. Der Boden geht mit zunehmendem Wassergehalt von fester in flüssige Zustandsform über. Die Zustandsgrenzen sind Kennziffern für bindige Böden. Im Atterberg-Konsistenzbalken (Bild 6-32) sind diese Zustandsgrenzen der entsprechenden Konsistenzzahl zugeordnet.



6-32 Konsistenzbalken nach Atterberg

Erkennungsmerkmale bindiger Böden

Breiig

Boden, der beim Pressen zwischen den Fingern hindurchquillt

Weich

Boden, der sich kneten lässt

Steif

Boden, der sich schwer kneten, aber in der Hand zu 3 mm dicken Walzen ausrollen lässt

Halbfest
Boden, der beim Ausrollen zu 3 mm dicken Walzen bröckelt und reißt, aber erneut zu einem Klumpen geformt werden kann
Fest
Boden, der ausgetrocknet ist und meist hell aussieht. Kann nicht mehr geknetet, sondern nur noch zerbrochen werden.

Bodengruppen
In der DIN 18196 „Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“ sind Bodenarten mit ungefähr gleicher stofflicher Zusammensetzung zu Bodengruppen zusammengefasst. Aus der Bezeichnung der Bodengruppen sind die bautechnischen Eigenschaften und die Verwendbarkeit ersichtlich. Klassifikationsmerkmale sind im Wesentlichen die Korngrößenbereiche und Korngrößenverteilung, plastische Eigenschaften und organische Bestandteile. Für die Bezeichnung der Bodengruppen werden Kurzzeichen verwendet, die aus zwei Kennbuchstaben bestehen. Der erste Buchstabe bezeichnet den Hauptbestandteil, der zweite den Nebenbestandteil oder eine kennzeichnende Eigenschaft.
Kennbuchstaben für Haupt- und Nebenbestandteile:

G = Kies
S = Sand
U = Schluff
T = Ton
O = organische Beimengung
H = Torf
F = Mudde, Faulschlamm
K = Kalk

Kennbuchstaben für kennzeichnende Eigenschaften nach der Korngrößenverteilung:

E = enggestufte Korngrößenverteilung
W = weitgestufte Korngrößenverteilung
I = intermittierend gestufte Korngrößenverteilung

Kennbuchstaben nach den plastischen Eigenschaften:

L = leichtplastisch
M = mittelplastisch
A = ausgeprägt plastisch bzw. zusammendrückbar

Kennbuchstaben nach den Zersetzungsgraden von Torfen:

N = nicht bis kaum zersetzter Torf
Z = zersetzter Torf.

Die DIN 18196 unterscheidet folgende Bodengruppen:

- Grobkörnige Böden
  Bodenarten mit einem Feinkornanteil (Korngröße $\leq$ 0,06 mm, Schluff und Ton) bis 5 %. Eingruppierung nach der Korngrößenverteilung (erster Kennbuchstabe) und der Form der Körnungslinie (zweiter Kennbuchstabe). Kies und Kies-Sand-Gemische bzw. Sand und Sand-Kies-Gemische enthalten bis 40 % Sand- bzw. Kiesanteile.
  Eingruppierung in die Gruppen GE, GW, GI, SE, SW, SI.
- Gemischtkörnige Böden
  Bodenarten mit einem Feinkornanteil von 5 % bis 40 %. Eingruppierung nach der Korngrößenverteilung (erster Kennbuchstabe) und nach dem Feinkornanteil (zweiter Kennbuchstabe). Bei einem Anteil von Schluff und Ton zwischen 5 % und 15 % (schluffig/tonig) werden die Kennbuchstaben U und T

verwendet, liegt der Anteil zwischen 15 % und 40 % (stark schluffig/tonig), lautet die Bezeichnung U* und T*.
Eingruppierung in die Gruppen GU, GU*, GT, GT*, SU, SU*, ST, ST*.

- Feinkörnige Böden
  Bodenarten mit einem Feinkornanteil über 40 %. Eingruppierung anhand des Plastizitätsdiagramms von Casagrande. Der erste Kennbuchstabe bezeichnet Ton oder Schluff, der zweite Kennbuchstabe bezeichnet die Plastizität.
  Eingruppierung in die Gruppen UL, UM, UA, TL, TM, TA.
- Organische Böden
  Eingruppierung in nicht brennbar, nicht schwelbar, brennbar oder schwelbar. Eine weitere Unterteilung erfolgt in organische Böden mit mehr als 40 % Schluff und Ton (OU, OT) und weniger als 40 % Schluff und Ton (OH, OK). Brennbare Torfe werden in nicht bis mäßig zersetzt (HN) und zersetzt (HZ) unterschieden.
  Mudde (Faulschlamm) wird mit F bezeichnet.
- Aufgefüllte Bodenarten
  Bei diesen Bodenarten werden natürliche Böden und Fremdstoffe unterschieden (A).

Boden- und Felsklassen
Böden werden nach der Lösbarkeit in sieben Boden- und Felsklassen eingeteilt. Nach dieser Klassifizierung wird der Einsatz von Geräten zum Lösen, Transport und Verdichten des Bodens bestimmt.

Klasse 1 Oberboden
Oberste Schicht des Bodens, die Humus und Bodenlebewesen enthält
Klasse 2 Fließende Bodenarten
Bodenarten, die wegen ihres hohen Wassergehaltes von flüssiger bis breiieger Beschaffenheit sind
(Bodengruppen OU, OT, OH, SW, SU*, GU*, GT*, HZ, HN, F, UL, UM, TL, TM, TA)
Klasse 3 Leicht lösbare Bodenarten
Sande und Kiese mit höchstens 30 % Steinen >63 mm Korngröße
(Bodengruppen GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, SU, GT, ST, HN)
Klasse 4 Mittelschwer lösbare Bodenarten
Bodenarten mit innerem Zusammenhalt und leichter bis mittlerer Plastizität, die höchstens 30 % Steine >63 mm Korngröße enthalten
(Bodengruppen GU*, SU*, GT*, ST*, UL, UM, TL, TM, OU)
Klasse 5 Schwer lösbare Bodenarten
Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 % Steinen >63 mm Korngröße, sowie ausgeprägt plastische Tone
(Bodengruppen wie Klasse 3 oder 4, TA, OT)
Klasse 6 Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
Felsarten, die brüchig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare Bodenarten
Klasse 7 Schwer lösbarer Fels
Felsarten, die eine hohe Gefügefestigkeit haben und/oder nur wenig klüftig oder verwittert sind.

6.6.3 Bodenerkundung

Bodenuntersuchungen sollen die Unterlagen für die Planung und Ausführung von Bauwerken bereitstellen. Die Art des Baugrundes und seine Schichtung werden durch Schürfe, Sondierungen und Bohrungen festgestellt.

Sondenuntersuchungen geben einen Anhalt über die durchfahrenen Bodenschichten und deren Festigkeit.
Bei den entnommenen Bodenproben werden unterschieden

- die gestörte Bodenprobe
- die ungestörte Bodenprobe
- die Sonderprobe.

Die gestörte Bodenprobe wird aus dem Bohrgut entnommen. Dabei handelt es sich um aufgelockerten Boden.
Die ungestörte Bodenprobe wird in natürlicher Lage und bei natürlichem Wassergehalt aus der Schürfgrube oder als Bohrkern entnommmen. Sie lässt daher eine genaue Prüfung ihrer Eigenschaften zu.
Die Sonderprobe wird mit einem speziellen Entnahmegerät in bindigen und organischen Böden entnommen. Dazu muss der Bohrvorgang unterbrochen werden. Diese Probe ist bei jedem Wechsel der Bodenschicht bzw. bei größeren Schichtmächtigkeiten alle Meter zu entnehmen.
Die Bodenproben sind in 5 Güteklassen eingeteilt. Die Güteklassen geben an, welche bodenmechanischen Eigenschaften an den Bodenproben ermittelt werden sollen. Die Güteklassen 1 und 2 umfassen ungestörte Bodenproben, die Güteklassen 3 bis 5 gestörte Bodenproben. Zu den zu untersuchenden Eigenschaften gehören u. a.:

- Kornzusammensetzung
- Korndichte
- Wassergehalt und Konsistenz
- Porenanteil
- Scherfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit.

Schürfe

Eine Schürfgrube gibt auf einfache Art Aufschluss über die Bodenverhältnisse. Sie ist jedoch nur bis etwa drei Meter Tiefe wirtschaftlich, tiefere Schürfgruben erfordern einen Verbau. Schürfgruben ermöglichen die Entnahme ungestörter Bodenproben.
Ungestörte Bodenproben werden mit einem Stechzylinder entnommen. Enthält der Boden grobe Bestandteile (Kies, Sand), ist der Stechzylinder nicht geeignet. Zum Einsatz kommen dann das Gipsverfahren, das Blockentnahmeverfahren und das Gefrierverfahren.

Sondenuntersuchungen

Sondenuntersuchungen können mit Ramm- oder Drucksonden durchgeführt werden.
Rammsonden bestehen aus einem Prüfstab, der mit einem Rammbären in den Untergrund gerammt wird. Gemessen werden Eindringtiefe und Schlagzahl. Aus den Ergebnissen kann auf die Lagerungsdichte der Schichten geschlossen werden.
Je nach Untersuchungstiefe und Art des Bodens wird zwischen der „leichten“ und „schweren“ Rammsonde unterschieden.
Bei Spitzendrucksondierungen wird die zum Eindrücken eines Stabes mit kegelförmiger Spitze gemessene Kraft gemessen und die Mantelreibung berechnet.
Bei Flügelsondierungen wird der Widerstand des Bodens in verschiedenen Tiefen gemessen und daraus die Scherfestigkeit für schnelle Belastung ermittelt.
Rammsondierungen ermöglichen kombinierte Kernentnahmen. Eingesetzt werden offene Entnahmegeräte, mit denen bindige und organische Böden beprobt werden.

Bohrungen

Bohrungen werden zur Untersuchung des Baugrundes in größeren Tiefen vorgenommen. Die dazu erforderlichen Geräte sind das Bohrgerät mit Seilwinde, Mantelrohre, Bohrgestänge und verschiedene Bohrer. Der am Gestänge befestigte Bohrer wird in den Boden gedreht und in das Bohrloch wird anschließend ein Mantelrohr eingesetzt. Das Mantelrohr wird weiter in den Boden getrieben und durch weitere Rohrstücke verlängert. Bei dem Material des Erdbohrers handelt es sich um gestörte Bodenproben. Ungestörte Bodenproben werden mit einem Stahlzylinder entnommen, der am Gestänge befestigt und in den Boden gedrückt wird.

Für die Gewinnung der Bohrproben gibt es verschiedene Verfahren. Die üblichen Verfahren sind nachfolgend dargestellt (Tabelle 6-33).

Bezeichnung	Bohrwerkzeug	Bodenart
Bohrverfahren für nicht gekernte Bodenproben		
Drehbohrung	Gestänge mit Kurzschnecke, Endlosschnecke, Schappe	alle Böden über GW, alle bindigen Böden unter GW
Schlagbohrung	Seil/Gestänge mit Schappe	Ton und Schluff über GW, Ton unter GW
Greiferbohrung	Seil mit Greifer	Kies und Sand
Bohrverfahren für gekernte Bodenproben		
Dreh-Trockenbohrung	Einfachkernrohr	Ton, Schluff
Drehkernbohrung mit Spülung	Einfach- oder Doppelseil-kernrohr	Ton, verkittete gemischt-körnige Böden
Rammkernbohrung	Rammkernrohr mit Schnittkante innen	nichtbindige Böden

6-33 Bohrverfahren

6.6.4 Verdichten des Bodens

Verdichten heißt, das Volumen eines Stoffes zu verringern, um die Tragfähigkeit dieses Materials zu erhöhen.

Der Boden besteht aus einzelnen Körnern und einem Anteil an Hohlräumen, die mit Wasser oder Luft gefüllt sind. Durch Verdichten mit Hilfe statischer und dynamischer Kräfte verlieren die Körner ihren

Zusammenhalt, kleinere Körner füllen die Hohlräume zwischen den größeren Körnern und Wasser und Luft werden herausgedrückt.
Auch von der Kornform hängt es ab, wie gut sich ein Boden verdichten lässt. Sand und Kies mit einer glatten und kubischen Kornform lassen sich gut, Schotter und Splitt mit kantiger Kornform schwer verdichten.
Nichtbindige Böden verfügen über große Hohlräume und lassen sich daher gut verdichten.
Nichtbindige Böden werden mit dynamischen Verfahren verdichtet. Durch Stampfen und Rütteln gelangen die Körner in die Hohlräume, wodurch ein enger Kornverband erreicht wird.
Bindige Böden sind schwer zu verdichten, da sie das aufgenommene Wasser nur langsam abgeben. Das Verdichten wird durch Stampfen oder Kneten erreicht, wodurch das Wasser ausgepresst wird.
Die Verdichtungsleistung wird bestimmt von

- der Gesamtmasse der Maschine
- der schwingenden Masse
- der Fahrgeschwindigkeit.

Durch das Maschinengewicht wird eine große Wirktiefe erreicht. Dadurch können größere Schichtdicken verdichtet werden.
Die schwingende Masse wird vom Vibrator in Schwingungen versetzt. Dabei sind sowohl die Amplitude als auch die Frequenz der schwingenden Masse von Bedeutung. Die Maschine wird durch die Fliehkraft angehoben, die Höhe wird in Amplituden ausgedrückt. Kleine Amplituden von 0,7 bis 1 mm sind für dünne Schüttlagen, nicht bindigen Boden sowie zur Oberflächenverdichtung geeignet. Für höhere Schichtdicken, bindigen Boden oder große Korndurchmesser werden Geräte mit großen Amplituden ab 1 mm verwendet.
Die Frequenz gibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde in Hertz an. Durch die Frequenz der schwingenden Masse werden die einzelnen Körnungen umgelagert, und zwar durch niedrige Frequenzen die größeren und durch hohe Frequenzen die kleineren Körnungen.
Die Fahrgeschwindigkeit ist insofern an der Verdichtungsleistung beteiligt, als diese um so größer ist, je langsamer die Maschine fährt.
Die wichtigsten Verdichtungsgeräte sind folgende:

- Stampfer
  Stampfer werden in schmalen und engen Baugruben eingesetzt.
  - Explosionsstampfer erreichen durch Zündung eines Kraftstoffgemisches in einem Zylinder eine Sprunghöhe von ca. 50 cm. Die Anzahl der Rammspiele beträgt 60 bis 80 in der Minute.
  - Vibrationsstampfer haben eine Sprunghöhe von 3 bis 8 cm bei 400 bis 600 Schlägen in der Minute. Damit sich der Stampfer vorwärts bewegt, ist die Stampfplatte schräg gestellt.
- Vibrationsplatten
  Diese Geräte verfügen über Unwuchtwellen, die Zentrifugalkräfte erzeugen. Es gibt Geräte mit Vorwärtslauf und reversierbare Geräte, die sich vor- und rückwärts steuern lassen. Vibrationsplatten werden zur Verdichtung nichtbindiger oder schwachbindiger Böden eingesetzt.
- Walzen

Walzen werden unterschieden in statische Walzen und Vibrationswalzen. Walzen haben einen zylindrischen Körper, die Bandage (Tandemwalzen haben zwei Bandagen). Das Vibrationssystem verstärkt das Gewicht der Maschine und überträgt es über die Bandage auf den Boden.

- Glattmantelwalzen werden als statische Walzen und Vibrationswalzen eingesetzt. Statische Walzen werden überwiegend im bituminösen Straßenbau verwendet. Vibrationswalzen sind zur Verdichtung nichtbindiger Böden geeignet.

- Schaffußwalzen und Stampffußwalzen werden als statische Walzen und Vibrationswalzen eingesetzt. Der Walzenkörper verfügt über aufgesetzte runde Schaffüße oder besonders geformte Stampffüße, mit denen ein hoher Bodendruck und eine knetende Verdichtung erreicht werden. Diese Geräte werden zur Verdichtung bindiger Böden eingesetzt.
- Gummiradwalzen haben auf jeder Achse mehrere Räder, die versetzt angeordnet sind. Durch den statischen Druck und die Walkarbeit der Gummireifen werden feinkörnige bindige und nichtbindige Böden verdichtet.

Der Verdichtungsgrad wird gemessen, indem die Dichte des Bodens bestimmt wird. Für die Bestimmung der Dichte werden direkte oder indirekte Prüfverfahren herangezogen.
Zur direkten Dichtebestimmung kann mit einem Ausstechzylinder eine ungestörte Bodenprobe entnommen werden. Das ist jedoch nur bei feinkörnigen, bindigen Böden möglich.
Bei nichtbindigen bzw. gemischtkörnigen Böden werden sog. Ersatzverfahren angewendet. Diese sind z. B.

- das Wasserersatzverfahren (Ballon-Verfahren) nach Haas
- das Sandersatzverfahren
- das Gipsersatzverfahren
- das Bentonit- oder Kleisterersatzverfahren.

Bei diesen Verfahren wird aus der verdichteten Bodenschicht eine Probe entnommen. Anschließend wird der Hohlraum mit einem Ersatzstoff gefüllt und das dazugehörige Volumen bestimmt.
Sind direkte Prüfverfahren nur mit hohem Aufwand oder technisch nicht möglich, kann die Verdichtung durch indirekte Verfahren geprüft werden. Dabei wird keine Probe entnommen. Indirekte Prüfverfahren sind:

- der statische Plattendruckversuch
- der dynamische Plattendruckversuch
- Rammsondierungen
- Flächendeckende Verdichtungskontrollen durch Messungen an Walzen und Vibrationsplatten.

6.7 Baustoff Holz

6.7.1 Die Bedeutung des Baustoffes Holz

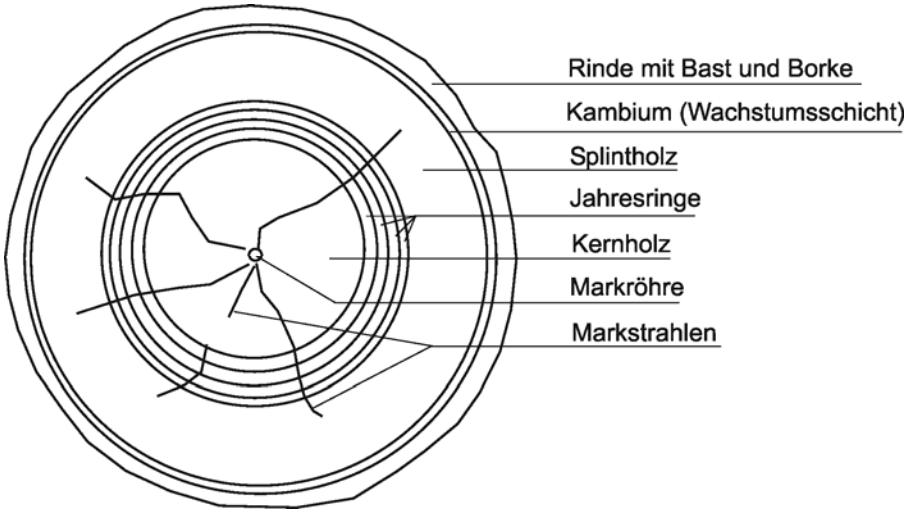
Holz ist ein bewährter Baustoff zur Errichtung von Gebäuden und anderen Bauwerken. Er ist ein nachwachsender Rohstoff, es sind allerdings etwa 30 bis 150 Jahre erforderlich, bis aus einem Baum Bauholz gewonnen werden kann. Die Holzbearbeitung erfordert relativ wenig Energie, und es entstehen praktisch keine Abfälle. Schließlich kann nicht verwendbares Holz noch zur Gewinnung von Energie beitragen.
Zum Bauholz zählen z. B. Balken, Kanthölzer, Bohlen, Bretter und Latten. Holz für tragende Teile wird auch als Vollholz bezeichnet. Vollholz für erhöhte Qualitätsanforderungen heißt Konstruktionsvollholz. Größere Dimensionen und Festigkeiten werden heute mit Leimholzbindern aus Brettschichtholz erreicht.
Im Wasserbau wird Holz für Spundwände, Pfahlwände (z. B. als Vorfußsicherung), Dalben und für Hilfskonstruktionen (insbesondere für Betonschalungen) verwendet.

6.7.2 Der Aufbau des Holzes

Holz besteht aus röhrenförmigen Faser-, Leit- und Speicherzellen.
Die langgestreckten Faserzellen sind das Stützgerüst des Baumes. Sie bestimmen die mechanischen Eigenschaften des Holzes, also seine Tragfähigkeit, Elastizität und Zähigkeit.

Die röhrenartigen Leitzellen befördern das Wasser und damit die Nährstoffe. Bei Nadelhölzern sind die Faserzellen gleichzeitig Leitzellen.
Die dünnwandigen Speicherzellen nehmen die Nährstoffe auf.
Die Struktur des Holzes zeigt sich an einem Querschnitt wie folgt (Bild 6-34):

- Markstrahlen
  Die Markstrahlen gehen strahlenförmig von der Markröhre aus. Sie dienen zur Querverteilung des Wassers mit den Nährstoffen. Die Markstrahlen ermöglichen, dass das Holz in radialer Richtung leicht spaltbar ist.
- Harzgänge
  Harzgänge verlaufen parallel zur Stammachse von Nadelhölzern.
- Wachstumsschicht (Kambium)
  Die Wachstumsschicht liegt zwischen Rinde und Stamm. Sie besteht aus dünnwandigen Teilungszellen, die nach innen Holzzellen und nach außen Rinde abscheiden.
- Jahresringe
  Die Jahresringe sind die jährlichen Zuwachszonen des Holzes. Sie entstehen durch schnelles Wachstum im Frühjahr (helles Holz) und langsames Wachstum im Herbst (dunkles Holz).
- Splintholz
  Als Splintholz werden die saftreichen äußeren, jungen Holzteile bezeichnet.
- Kernholz
  Kernholz sind die inneren, älteren, trockenen, festen und dunkleren Teile.



6-33 Aufbau des Holzes (Querschnitt)

6.7.3 Einheimische Holzarten – Eigenschaften und Verwendung

Nadelhölzer

- Fichte
  Hohe Elastizität und Tragfähigkeit, dauerhaft ganz unter Wasser und im Trockenen, für Balken, Kanthölzer, Bohlen, Bretter, Latten, für Bauteile im Gebäude, Betonschalung
- Tanne
  Eigenschaften ähnlich wie Fichte, für Balken, Kanthölzer, Bohlen, Bretter, Latten, für Bauteile im Gebäude, Möbel

- Kiefer
  Eigenschaften ähnlich wie Fichte, dauerhaft auch im Wechsel von nass und trocken, für Balken, Kanthölzer, Bohlen, Bretter, Latten, für Konstruktionen, die der Witterung ausgesetzt sind, weitgespannte Tragwerke
- Lärche
  Eigenschaften ähnlich wie Kiefer, gleiche Verwendung wie Kiefer

Laubhölzer

- Eiche
  Kernholz schwer, hart, dicht, hohe Tragfähigkeit und Elastizität, unter Wasser nahezu unbegrenzt haltbar, für Bauholz von hochbelasteten Konstruktionen
- Buche
  Schwer, hohe Tragfähigkeit, geringe Elastizität, dauerhaft im Wasser oder im Trockenen, wird als Bauholz nicht verwendet. Für Holzkonstruktionen im Gebäude.

6.7.4 Schnittholzeinteilung

Bauschnittholz wird nach der Querschnittsgröße wie folgt eingeteilt:

Balken	b = 8 bis 30 cm, h = 20 bis 30 cm
Kantholz	b = 6 bis 18 cm, h = 8 bis 18 cm
Bohle	Dicke 45 bis 100 mm
Brett	Dicke 10 bis 40 mm
Latte	24/48 30/50 40/60 mm/mm

6.7.5 Sortierung

Nadelschnittholz kann visuell oder maschinell sortiert werden. Die Holzarten Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche und Douglasie ≥ 60 mm werden in die drei visuelle Sortierklassen S 7, S 10 und S 13 eingeteilt (die Zahlen entsprechen der zulässigen Biegespannung in N/mm^2). Die Sortierklassen sind den europäischen Festigkeitsklassen C 16, C 24 und C 30 zugeordnet (die Zahlen sind der charakteristische Wert für die Biegezugfestigkeit in N/mm^2). Maschinell sortiertes und zusätzlich nach visuellen Sortiermerkmalen sortiertes Nadelschnittholz wird nach der jeweiligen Festigkeitsklasse bezeichnet und erhält zusätzlich den Buchstaben „M“. Es wird in die Festigkeitsklassen unter C 24, C 24 bis C 35 und über C 35 eingeteilt (Tabelle 3-35).

Die Zuordnung zu einer Sortierklasse hängt von elf Sortiermerkmalen ab, deren Grenzwerte eingehalten werden müssen. Diese Sortiermerkmale gewährleisten die Tragfähigkeit und Gebrauchsfähigkeit des Schnittholzes:

1. Äste
2. Faserneigung
3. Markröhre
4. Jahrringbreite
5. Risse
6. Baumkante
7. Krümmung
8. Verfärbung, Fäule
9. Druckholz
10. Insektenfraß
11. Sonstige Merkmale

Für die visuelle Sortierung von Nadelholz ist eine Holzfeuchte (Messbezugsfeuchte) von höchstens 20 % festgelegt, es gilt dann als trocken sortiert und wird mit dem Kurzzeichen „TS“ gekennzeichnet.

Bei der Sortierung werden die Schnittholzgruppen Kantholz, Bretter und Bohlen sowie Latten unterschieden. Wenn Bretter und Bohlen hochkant biegebeansprucht werden, sind sie nach den Sortierkriterien „Kantholz“ zu sortieren und werden mit dem Buchstaben „K“ gekennzeichnet.

Holzart	Sortierklassen		Festigkeits-	Tragfähigkeit
	visuell	maschinell	klassen	
Fichte, Tanne,	S 7	C 16 M	C 16	gering
Kiefer, Lärche,	S 10	C 24 M	C 24	üblich
Douglasie ≥ 60 mm	S 13	C 30 M	C 30	überdurchschnittlich
Western Hemlock		C 35 M	C 35	hoch
Yellow Cedar		C 40 M	C 40	besonders hoch

6-35 Zuordnung von Sortierklassen für Nadelschnittholz zu Festigkeitsklassen

Die Sortiermerkmale und Sortierkriterien der Laubholzsortierung entsprechen im Wesentlichen denen für Nadelholz. Für Laubholz sind jedoch nur neun Sortiermerkmale vorgesehen. Laubschnittholz mit visueller Sortierung wird mit einem vorangestellten Buchstaben "L" gekennzeichnet. Maschinell sortiertes Laubholz erhält den Buchstaben „D".

Bezeichnung von Schnittholz (Beispiele)

Kantholz – DIN 4074 – S 10 TS – FI (Visuell sortiertes Kantholz, Fichte, Sortierklasse S 10, trocken sortiert)

Bohle – DIN 4074 – S 13 K – KI (Visuell sortierte Bohle, Kiefer, Sortierklasse S 13, als Kantholz sortiert)

Brett – DIN 4074 – C 40 M TS – LA (Maschinell sortiertes Brett, Lärche, Sortierklasse C 40 M, trocken sortiert)

Brett – DIN 4074 – D 50 M TS – BU (Maschinell sortiertes Brett, Buche,Sortierklasse D 50 M, trocken sortiert)

Bohle – DIN 4074 – LS 10 K TS – EI (Visuell sortierte Bohle, Eiche, Sortierklasse S 10, als Kantholz sortiert, trocken sortiert).

Resistenzklassen

Holz von schnell wachsenden Bäumen wie Fichten und Tannen ist weniger resistent als z. B. das der Eiche. Holz wird in Resistenzklassen 1 bis 5 eingeteilt, die anzeigen, wie lange Kernholz ohne Konservierungsmaßnahmen seinen Gebrauchswert bei Verwendung im Freien beibehält (Tabelle 6-36).

Resistenzklasse	Dauerhaftigkeit	Lebenserwartung	Holzart
1	sehr dauerhaft	über 25 Jahre	Bongossi, Teak
2	dauerhaft	15 bis 25 Jahre	Eiche
3	mäßig dauerhaft	10 bis 15 Jahre	Lärche, Douglasie
4	wenig dauerhaft	5 bis 10 Jahre	Fichte, Tanne, Kiefer
5	nicht dauerhaft	2 bis 5 Jahre	Buche, Birke, Erle, Pappel, Esche

Resistenzklassen

6.7.6 Holzschädlinge

Holzschädlinge können sowohl stehende oder frisch gefällte Bäume als auch trockenes Holz, also stehendes Totholz oder Bauholz befallen.

Schädlinge am lebenden Holz

Bei den Schädlingen am lebenden Holz handelt es sich um Wild, Kleinsäuger, Insekten, Spinnentiere, Pilze und Bakterien.

Wild schädigt die Bäume insbesondere durch Verbiss von Trieben und Knospen sowie durch Schälen der Rinde vom Stamm. Mäuse nagen an Wurzel und Rinde von meist Laubäumen, dabei werden insbesondere Jungbestände gefährdet.

Schädliche Insekten sind

- Schmetterlinge (Nonne, Kiefernspinner, Forleule)
- Borkenkäfer
- Bockkäfer
- Holzwespen.

Die Raupen der Schmetterlinge verursachen Blattfraß, während Käfer und Wespen vor allem als Brüter das Holz entwerten oder tödlich beschädigen.

Schädliche Spinnentiere sind vor allem Milben, die die Austrocknung eines Baumes verursachen können.

Schädliche Pilze sind

- Rotfäule
- Weißfäule
- Astfäule.

Pilze befallen einen Baum meist an beschädigten Stellen, um ihm u. a. Nährstoffe, Cellulose, Mineralstoffe und Lignin (Lignin bewirkt die Verholzung der Zelle) zu entziehen. Bakterien verursachen Krebskrankheiten, die das Wachstum des Baumes beeinträchtigen.

Schädlinge am gefällten oder eingebauten Holz

Tierische Schädlinge sind

- Hausbock
- Pochkäfer
- Bohrmuschel
- Bohrassel.

Die Larven des Hausbocks zerstören den Splintteil des Holzes, befallen wird meist Bauholz. Die Larven des Pochkäfers befallen nur altes Holz und zerstören es durch die Larvengänge.

Bormuschel und Bohrassel leben in salzhaltigem Wasser. Während die Bohrmuschel Wohnröhren in das Holz bohrt und es stark schädigt, benagt die Bohrassel nur die Oberfläche des Holzes.

Schädliche Pilze sind

- Blaupilz
- Echter Hausschwamm
- Brauner Kellerschwamm.

Der Blaupilz befällt das Splintholz von sägefrischem Kiefernholz. Die Festigkeit wird dadurch nicht vermindert, der Befall durch andere Pilze jedoch erleichtert.

Der Echte Hausschwamm ist der gefährlichste holzzerstörende Pilz. Er entzieht dem Holz die Cellulose. Zum Befall benötigt der Echte Hausschwamm niedrigere Holzfeuchten als andere Pilze. Im Gegensatz zu

anderen Pilzen kann er auch auf trockenes Holz übergreifen. Der Echte Hausschwamm befällt vorwiegend Nadelholz, aber auch einige Laubhölzer.
Der Braune Kellerschwamm benötigt eine ungewöhnlich hohe Holzfeuchte (bis ca. 60 %). Er zerstört die Cellulose des Holzes. Seine Zerstörungskraft entspricht der des Echten Hausschwammes. Er befällt vorwiegend Nadelholz, aber auch einige Laubhölzer.

6.7.7 Holzschutz

Ein Holzzschutz ist erforderlich gegen Feuchtigkeit, Holzschädlinge und gegen Feuer. Holzschutzmaßnahmen sind

- Einsatz natürlich resistenter Holzarten
- bauliche Maßnahmen
- chemische Holzschutzmittel
- Oberflächenschutzsysteme.

Als Holzschutzmittel werden wasserlösliche und ölige Schutzmittel, Heißluft und Blausäuregas eingesetzt. Für das Einbringen der Holzschutzmittel kommen Kesseldruck-Tränkung, Trogtränkung, Tauchen, Streichen und Spritzen zur Anwendung. Die Mittel sind durch Prüfprädikate gekennzeichnet, die auf deren Verwendung und Wirksamkeit hinweisen.

6.7.8 Holzverbindungen

Holzverbindungen werden unterschieden in zimmermannsmäßige und ingenieurmäßige Verbindungen. Die ingenieurmäßigen Holzverbindungen ermöglichen die Übertragung großer Zugkräfte und somit die Nutzung der hohen Zugfestigkeit des Holzes.

Zimmermannsmäßige Holzverbindungen

- Längsverbindung
  - Stumpfer Stoß
  - Gerades Blatt
  - Zugblatt
  - Hakenblatt
- Querverbindung
  - Überblattung
  - Verzapfung
  - Verkämmung
- Eckverbindung
  - Versatzung

Ingenieurmäßige Holzverbindungen

- Nagelverbindung
- Holzschraubenverbindung
- Klammern
- Bolzen und Stabdübelverbindung
- Nagelplatten und Blechformteile
- U- oder T-Eisen als Fußpunkte
- Dübel
- Leimung.

6.7.9 Holzbau- und -werkstoffe

Konstruktionsvollholz	Nagelplattenbinder	Spanplatte
Brettschichtholz	Holzrahmenbau	Furnierstreifenholz
Parkett	Brettstapelbauweise	Holzwolle-Leichtbauplatte
Holzpflaster	Plattenwerkstoffe	Holzfaserplatte.
Formvollholz	Sperrholz	

6.8 Metalle

6.8.1 Eisen und Stahl

Eisen ist das am häufigsten vorkommende Metall und bildet den Hauptbestandteil des Stahles. In 4 000 v. Chr. geschaffenen Gräbern in Ägypten wurden bereits kleine Eisengegenstände gefunden. Eisen war in früheren Zeiten ein seltener und kostbarer Rohstoff, der zur Herstellung von wichtigen Gegenständen wie Waffen oder Pflugscharen diente. Die Herstellung und Verarbeitung von Eisen bzw. Stahl hat sich im Laufe der Jahrhunderte immer weiter fortentwickelt, so dass dieses Metall heute zu den wichtigsten und meist verwendeten Werkstoffen unserer Zeit wurde.
Unter den zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten zeigt der Stahl insbesondere im Bauwesen seine vor allem statische Leistungsfähigkeit. Beispiele für die Unentbehrlichkeit des Stahles sind Brücken mit großen Spannweiten, Industrie- und Hallenbauten, Büro- und Wohnhäuser mit einer Vielzahl von Stockwerken und nicht zuletzt beeindruckende Wasserbauwerke wie Schleusen, Wehre oder Schiffshebewerke.

Eisen

Eisen wird aus Erz gewonnen, eisenhaltigem Gestein mit verschiedenem Gehalt an chemisch gebundenem Eisen. Im Hochofen werden die Erze mit Zuschlägen (z. B. Kalk und quarzreichem Sand) von Sauerstoff und anderen Bestandteilen befreit, und bei Temperaturen bis zu 1 700^0 C wird Roheisen geschmolzen. Das Roheisen enthält bis vier Prozent Kohlenstoff, ist brüchig, nicht schmiedbar und eignet sich nur zum Gießen (Gusseisen).
Das Roheisen wird nach der Farbe der Bruchflächen in weißes und graues Roheisen unterschieden. Das weiße Roheisen enthält nahezu den gesamten Kohlenstoff in gelöstem Zustand und ist das Ausgangserzeugnis der schmiedbaren Eisenarten (Stahl und Temperguss). Das graue Roheisen enthält den Kohlenstoff zum wesentlichen Teil als Graphit und ist das Ausgangserzeugnis für Grauguss.

Gusseisen

Gusseisen ist durch Umschmelzen von grauem Roheisen mit Koks entstanden. Der Kohlenstoffgehalt liegt zwischen zwei und vier Prozent. Gusseisen ist rostbeständiger als Stahl, hat aber geringere Festigkeit. Grauguss wird für Lager im Brückenbau, Rohre und Heizkessel verwendet. Hartguss (mit in Eisencarbid gebundenem Kohlenstoff) kommt zum Einsatz bei Teilen, die starkem Verschleiß ausgesetzt sind.

Temperguss

Temperguss wird aus weißem Gusseisen gegossen und anschließend mit besonderem Glühverfahren, dem Tempern, behandelt. Er wird für Beschläge, Schlossteile und Fittings verwendet.

Stahl

Roheisen ist ein sprödes und brüchiges Material mit einem Kohlenstoffgehalt von drei bis vier Prozent. Zur Stahlerzeugung werden dem Roheisen Kohlenstoff und unerwünschte Nebenbestandteile entzogen.

Der Kohlenstoffgehalt des biegsamen und schmiedbaren Stahles liegt unter 1,7 Prozent. Stahl wird mit folgenden Verfahren hergestellt:

- Windfrischverfahren (Blasverfahren) im Konverter nach dem
  - Bessemerverfahren
  - Thomasverfahren
  - LD-Verfahren (Linz-Donawitz-Verfahren)
- Herdfrischverfahren nach dem
  - Siemens-Martin-Verfahren
  - Elektrostahlverfahren.

Das Windfrischverfahren

Beim Windfrischverfahren wird das Roheisen, das in einen Konverter (Birne) gefüllt wurde, „gefrischt", d. h. in Stahl verwandelt, indem man „Wind", einen Luftstrom, hindurchpresst.

Das Bessemerverfahren ist nur für phosphorarmes Roheisen geeignet, das Thomasverfahren gestattet die Stahlerzeugung aus phosphorreichem Roheisen. Die beiden Verfahren unterscheiden sich durch die Ausmauerung des Ofens, welche entweder sauer oder basisch wirkt. Da das Frischen mit Luft dazu führt, dass der Stahl einen verhältnismäßig hohen Anteil an Stickstoff aufweist, wird heute in der Regel mit Sauerstoff angereicherte Luft verwendet.

Im LD (Linz-Donawitz)-Verfahren wird Sauerstoff auf das Schmelzbad im Konverter geblasen.

Im Windfrischverfahren werden heute vor allem Stähle in Handelsgüte hergestellt.

Das Herdfrischverfahren

Beim Siemens-Martin-Verfahren werden Roheisen und/oder Schrott in flachen Herdöfen eingeschmolzen. Dieses Verfahren war bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts die bevorzugte Stahlherstellungsmethode. Der letzte Siemens-Martin-Ofen wurde in Deutschland 1993 stillgelegt.

Das Elektrostahlverfahren stellt die hochwertigste Erzeugungsart dar. Sie ist von allen Verfahren die geeignetste, um alle Arten von Stahl nach gewünschter Zusammensetzung herzustellen. Das Verfahren gleicht dem des Siemens-Martin-Verfahrens, der wesentliche Unterschied besteht in der Beheizung. Durch Schmelzen im Lichtbogenofen werden Verunreinigungen ausgeschlossen. Damit können besonders hochwertige Stähle, sogenannte Edelstähle erzeugt werden.

Sonderstähle

Durch Legieren mit anderen Zusatzstoffen können die Eigenschaften der Stähle für die verschiedensten Verwendungszwecke angepasst werden. Chrom und Kupfer als Legierungsmetalle z. B. erhöhen die Zugfestigkeit und Witterungsbeständigkeit (z. B. Rostbeständigkeit).

Verarbeitung von Stahl

Für die Formgebung des Stahles gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Gießen
  Stahlguss wird für Werkstücke mit hoher Festigkeit und guten Dehnungseigenschaften verwendet.
- Walzen
  Walzen ist das wichtigste Mittel der Stahlerzeugung. Es eignet sich aber nur zur Herstellung von Gegenständen gleichmäßiger Form wie Bleche, Breitflachstahl, Bandstahl, Profilstähle.
- Schmieden
  Schmieden ist die älteste Bearbeitungsweise des Stahles. Geschmiedet werden unregelmäßige Werkstücke wie z. B. Kurbelwellen.

- Weitere Ver- und Bearbeitungsverfahren
  sind Pressen (für schwere Werkstücke), Ziehen (zur Formgebung von Rohren, Drähten usw.), spanabhebende Formgebung (Bohren, Fräsen usw.), Wärmebehandlung (Härten des Stahles) und Schweißen.

Korrosionsschutz
Unter Korrosion versteht man die Zerstörung von Metallen durch den Einfluss von Luft, Wasser, Gasen und Chemikalien.
Möglichkeiten des Korrosionsschutzes sind:
- Legieren des Stahls mit Kupfer, Nickel, Chrom
- metallische Überzüge mit Kupfer, Blei, Zink, Kadmium, Aluminium, Chrom, Zink
- Farbanstriche und nichtmetallische Überzüge (Bitumen, Zement, Kunststoff)
- aktiver kathodischer Korrosionsschutz
- Passivierung durch Bildung einer dünnen, oberflächlichen Korrosionsschicht.

Abmessungen, Festigkeiten, Stahlsorten usw. sind den Tabellenbüchern Bau zu entnehmen.

6.8.2 Nichteisenmetalle

Nichteisenmetalle kommen im Bauwesen in vielfältiger Weise zur Anwendung. Nach Dichte oder Herstellung werden unterschieden:
- Schwere Nichteisenmetalle
  Zink (7,14 kg/dm^3), Kupfer (8,9 kg/dm^3), Blei (11,34 kg/dm^3), Zinn (7,2 kg/dm^3), Nickel (8,8 kg/dm^3)
- Leichte Nichteisenmetalle
  Aluminium (2,7 kg/dm^3), Magnesium, Kalium, Natrium, Kalzium
- Legierungen
  Messing, Bronze.

Die wichtigsten Nichteisenmetalle im Bauwesen sind:
- Zink
  Zink hat eine große Längenausdehnung, es ist witterungsbeständig. Anwendungsgebiete von Zinkblechen sind Dacheindeckungen, Dachrinnen, Regenrohre.
- Kupfer
  Kupfer ist dehnbar, zäh mit guten Festigkeitseigenschaften, außerordentlich korrosionsbeständig. Anwendungsgebiete sind Dacheindeckungen, Dachrinnen, Regenrohre, Rohrleitungen.
- Blei
  Blei ist sehr weich, dehnbar, formbar, sehr korrosionsbeständig. Anwendungsgebiete sind Dacheindeckungen, Abflussrohre.
- Aluminium
  Aluminium ist einer der wichtigsten Werkstoffe. Es ist dehnbar, kalt und warm leicht verformbar, weich, gut witterungsbeständig. Anwendungsgebiete sind Bleche zur Dacheindeckung und für Wandverkleidungen.

6.9 Teer, Bitumen, Asphalt

Die Begriffe Teer, Bitumen und Asphalt wurden in der Vergangenheit im Zusammenhang mit dem Straßenbau genannt, und zwar Teer und Bitumen als Bindemittel und Asphalt als Mischung von Mineralstoffen und Bindemitteln.
Teer darf wegen seiner krebserregenden Wirkung seit den 1970er Jahren in Deutschland bzw. seit 1990 in den neuen Bundesländern als Baustoff für öffentliche Straßen und Wege nicht mehr verwendet werden.

Teer

Teer ist ein Gemisch aus organischen Verbindungen, das durch zersetzende Destillation von Kohle, Torf, Holz usw. gewonnen wird. So gibt es z. B. Steinkohlenteer, Schieferteer und Holzteer.
Im Baubereich ist vor allem Steinkohlenteeröl von Bedeutung; es wird für den industriellen Holzschutz verwendet.

Bitumen

Bitumen wird als Rückstand nach Destillation von Erdöl gewonnen. Die verschiedenen Bitumenarten werden nach ihrer Herstellungsweise unterschieden in:

- Destillationsbitumen
  Destillationsbitumen sind weiche bis mittelharte Bitumensorten, die überwiegend im Straßenbau verwendet werden.
- Hochvakuum- und Hartbitumen
  Durch eine weitere Behandlungsstufe bei der Destillation, indem hochsiedende Öle entzogen werden, erhält man Hochvakuum- und Hartbitumen. Sie haben eine harte Konsistenz und werden für die Herstellung von Gussasphalt für Estrich und bituminöse Anstriche verwendet.
- Oxydationsbitumen
  Durch Weiterbehandlung des Destillationsbitumens, indem Luft eingeblasen wird, erhält man Oxidationsbitumen. Dieses Bitumen ist gegen Kälte und Wärme widerstandsfähiger. Es wird zur Herstellung von Dach- und Dichtungsbahnen sowie von Klebemassen verwendet.
- Polymerbitumen
  Durch Zusatz von Polymeren wird die Elastizität heraufgesetzt. Polymerbitumen wird vor allem zur Dach- und Bauwerksabdichtung und bei besonders beanspruchten Verkehrsflächen im Straßen- und Flugplatzbau verwendet.

Zum Verarbeiten wird Bitumen in der Regel bis zum flüssigen Zustand erhitzt. Eine Kaltverarbeitung ist möglich mit Polymerbitumen, als Bitumenemulsion, durch Zugabe von Wasser oder Lösemittel. Einsatzgebiete des Bitumens sind:

- Bindemittel zur Asphaltherstellung
- Anstrich oder Werkstoff (z. B. Bitumendachbahnen) zum Schutz von Gebäudeteilen gegen Wasser
- Fugenvergussmasse bei Straßenpflaster und für Dehnungsfugen
- Vergussstoff bei geschütteten Wasserbausteinen von Uferdeckwerken.

Die Eigenschaften der einzelnen Bitumenarten werden durch besondere Prüfverfahren ermittelt. Die wichtigsten Kennzahlen sind der Erweichungspunkt, die Werte der Nadelpenetration und der Brechpunkt nach Fraaß.

Erweichungspunkt
Bitumen ist ein thermoplastisches (temperaturabhängiges) Material. Es besitzt keinen Schmelzpunkt, sondern einen Erweichungspunkt. Dieser wird mit dem Prüfverfahren „Erweichungspunkt Ring und Kugel (EP RuK) bestimmt. Dazu wird ein Messingring (Innendurchmesser 15,7 mm) mit Bitumen gefüllt. Die Bitumenschicht wird mit einer Stahlkugel (Gewicht 3,5 g) beschwert und in einem Wasser- oder Glyzerinbad so erwärmt, dass die Temperatur um 5^0 C pro Minute steigt. Der EP RuK ist die Temperatur, bei der sich die Bitumenschicht um 25,4 mm nach unten durchgebogen hat. Je höher der Erweichungspunkt liegt, desto härter ist das Bitumen.

Nadelpenetration
Bei dieser Methode wird die Strecke bestimmt, die eine mit 100 g belastete Nadel bei 25^0 C in 5 Sekunden in das Bitumen eindringt. Der Messwert beträgt 1/10 mm. Je höher die Penetration, desto weicher ist das Bitumen.

Brechpunkt nach Fraaß
Mit dieser Methode wird der Übergang des Bitumens vom zähplastischen zum festen Zustand ermittelt. Dazu wird ein dünner Bitumenfilm auf ein Metallplättchen aufgeschmolzen oder aufgepresst. Metallplättchen und Bitumen werden bei abnehmender Temperatur belastet, bis der Bitumenfilm reißt oder bricht. Die Temperatur beim Riss bzw. Bruch gibt einen Anhalt für das Verhalten des Bitumens bei niedrigen Temperaturen.
Die Temperaturdifferenz zwischen dem Erweichungspunkt und dem Brechpunkt wird als Plastizitätsspanne eines Bitumens bezeichnet.

Asphalt
Asphalt ist eine Mischung aus Mineralstoffen oder Schlackensteinen und Bitumen. Als Mineralstoffe kommen hauptsächlich Gesteine in Form von Schotter, Splitt, Kies und Sand zur Anwendung. Schlackensteine bestehen aus Hochofen- oder Metallhüttenschlacke.
Einsatz des Asphalts im Straßenbau:

- Asphaltdeckschicht (Verschleißschicht)
  Die Deckschicht ist der obere Teil des Oberbaues. Sie kann hergestellt werden als:
  - Asphaltbeton
    Der Asphaltbeton ist ein kornabgestuftes Mineralgemisch aus Splitt, Sand, Füller und Bitumen.
  - Gussasphalt
    Gussasphalt ist ein hohlraumarmes Gemisch aus Splitt, Sand, Füller und Bitumen.
  - Asphaltmastix
    Asphaltmastix ist ein dichtes Gemisch aus Füller, Sand und Bitumen.
  - Splittmastixasphalt
    Splittmastixasphalt ist ein Gemisch mit hohem Grobsplittanteil und geringem Anteil an Feinsplitt und Sand, aber hohem Füllergehalt.
- Asphaltbinderschicht
  Die Binderschicht leitet die Lasten aus dem Verkehr an die Tragschicht ab. Der Aufbau der Binderschicht entspricht dem des Asphaltbetons, jedoch in hohlraumreicherer Zusammensetzung. Hierbei ist der Splittanteil größer und der Sand-, Füller- und Bindemittelanteil geringer.
- Asphalttragschicht
  Die Tragschicht nimmt die Belastungen aus dem Verkehr auf. Sie besteht aus einem kornabgestuften Mineralgemisch und Bitumen.

Weitere Einsatzgebiete des Asphalts sind:

- Wege- und Flugplatzbau
- Dichtung von Kanälen, Dämmen und Deichen
- Auskleidung von Speicherbecken
- Abdichtung von Deponien.

6.10 Farben und Lacke, Anstricharbeiten

Baustoffe wie z. B. Putze und Bauteile aus Stahl, Holz, Beton oder Kunststoff müssen vor dem Einbau oder nach ihrer Fertigstellung mit einer Oberflächenbehandlung versehen werden, um sie zu schützen oder konservieren, sauber zu halten oder zu verschönern. Bei Maßnahmen des Wasserbaues dienen Anstricharbeiten vor allem dem Schutz eines Bauwerks. Neben Anstricharbeiten können auch Spritzen,Tauchen oder Tränken als Verfahren zur Anwendung kommen. Nach der Funktion der Anstricharbeiten wird unterschieden zwischen Grundieren, Imprägnieren und Abbeizen.

Zusammensetzung der Farben

Farben bestehen aus den nachfolgend genannten Komponenten:

- Pigment
  Der Farbkörper der Anstrichfarben ist ein Pigment. Es verleiht der gestrichenen Fläche die gewünschte Farbigkeit. Pigmente werden unterschieden nach
  - natürlichen anorganischen Pigmenten
  - synthetischen anorganischen Pigmenten
  - natürlichen organischen Pigmenten
  - synthetischen organischen Pigmenten.
- Bindemittel
  Das Bindemittel verbindet den Untergrund mit dem Pigment. Es gibt anorganische und organische Bindemittel:
  - Anorganische Bindemittel (Kalk, Zement, Wasserglas)
  - Organische Bindemittel werden unterschieden in
    - Naturstoffe (Pflanzliche und tierische Leime, z. B. Stärke, Gelatine, pflanzliche Öle, z .B. Leinöl)
    - Abgewandelte Naturstoffe (Zelluloseleim, Leinölfirnis, Chlorkautschuk)
    - Kunststoffe.
- Löse- und Verdünnungsmittel
  Löse- und Verdünnungsmittel halten Pigmente und Bindemittel flüssig. Verwendet werden Wasser, Erdölprodukte oder Naturharzprodukte.
- Zusatzstoffe
  Zusatzstoffe dienen z. B. der Konservierung, der Filmbildung, der Elastizität oder der Beschleunigung des Trocknungsvorganges.

Zusammensetzung der Lacke

Lacke bestehen aus einem

- Grundkörper
  Lackkörper sind Natur- oder Kunstharze
- Lösungs- und Verdünnungsmittel
  wie z. B. Alkohol oder Leinöl. Die Lösungsmittel sind zum Teil auch Verdünnungsmittel.
- Farbmittel

Mit Farbmittel zugesetzte Lacke werden Lackfarbe genannt.

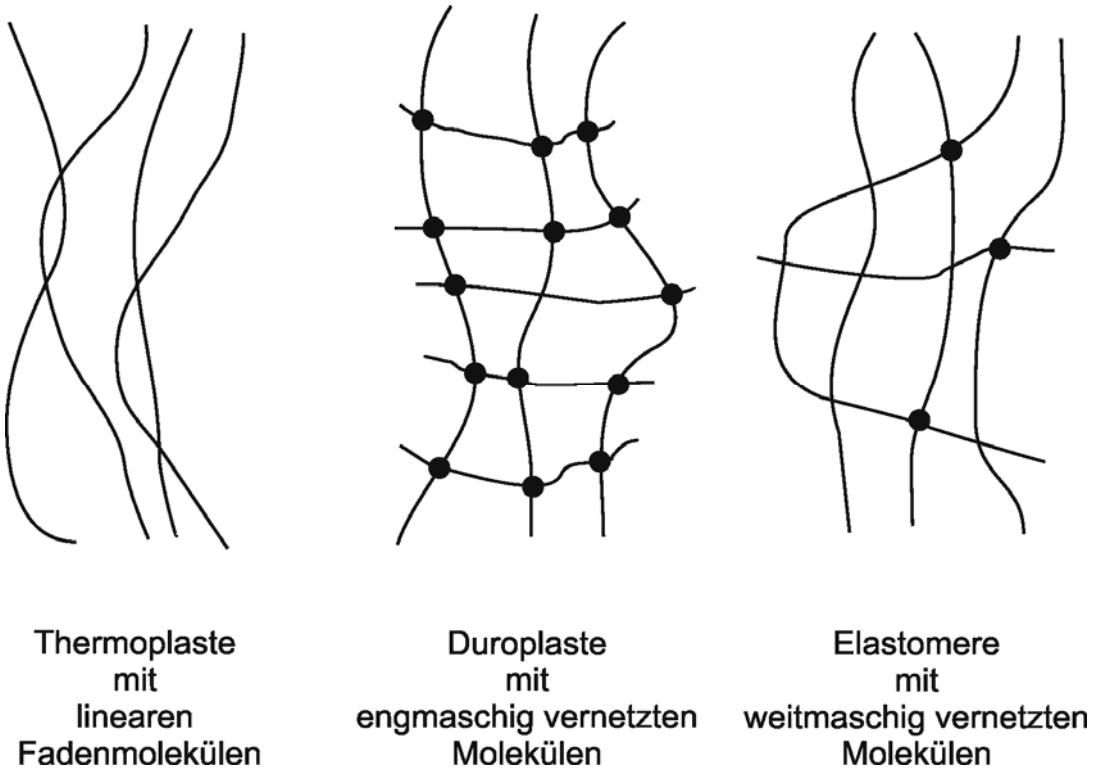
Anstricharbeiten, Begriffe

- RAL-Farben
  RAL ist eine Normierung der Farben. RAL-Nummern dienen der Kennung und Vereinheitlichung der Farbwerte.
- Farbkraft (Färbevermögen)
  Die Farbkraft wird nach der Leuchtkraft beurteilt, die dieser Farbstoff auf dem Untergrund geben kann.
- Ergiebigkeit
  Die Ergiebigkeit einer flüssigen Farbe wird bestimmt durch die Fläche, die mit einer bestimmten Farbmenge aufgetragen werden kann.
- Deckfarbe
  Eine Körperfarbe ist eine Deckfarbe, wenn sie das auftretende Licht aufnimmt oder zurückwirft.
- Lasurfarbe
  Bei einer Lasurfarbe lässt die Farbe das Licht durch.
- Kalkfarbenanstriche
  Bei Kalkfarbenanstrichen ist der Weißkalk als Bindemittel zugleich Pigment. Kalkfarbenanstriche werden für Außenanstriche und in feuchten Innenräumen verwendet.
- Leimfarbenanstriche
  Bei den Leimfarben sind die Pigmente mit dem Leim abgebunden. Leimfarbenanstriche sind in der Regel wischfest.
- Binderfarben
  Binderfarben sind aus Bindemittel und Pigmenten hergestellte Anstrichfarben für Außen- und Innenanstriche.
  - Emulsionsfarbe: Bindemittel ist ein Gemisch aus Leinöl und Wasser
  - Dispersionsfarbe: Bindemittel ist ein Gemisch aus Harzen und Wasser.
- Ölfarbenanstriche
  Ölfarbenanstriche haben als Bindemittel Leinölfirnis, ein mit Trocknungsmittel versetztes Leinöl.
- Lackierungen
  Lackfarben müssen je nach Verwendungszweck besondere Eigenschaften besitzen:
  - wetterbeständig (Luftlack)
  - wasserfest (Bootslack)
  - hitzebeständig (Heizkörperlack)
  - trittfest (Fußbodenlack).
- Tagesleuchtfarbe
  Tagesleuchtfarben sind fluoreszierende Farben, die bei ultravioletter Bestrahlung intensiv leuchten. Bei bedecktem Himmel oder in der Dämmerung steigert sich das Helligkeitsverhältnis gegenüber herkömmlichen Farben um das Doppelte.
- Aufsichtsfarbe
  Eine Farbe, bei der der Farbeindruck durch reflektiertes Licht entsteht, heißt Aufsichtsfarbe

6.11 Kunststoffe

Kunststoffe sind organische Werkstoffe, die durch Umwandlung von Naturstoffen oder durch Synthese erzeugt werden. Gegenüber den Naturstoffen besitzen die Kunststoffe gleichmäßige, im Herstellungsvorgang steuerbare Eigenschaften.

Vorteile der Kunststoffe sind u. a. leichte Formbarkeit, geringes Gewicht, niedrige Wärmeleitfähigkeit, gute Korrosions- und Chemikalienbeständigkeit, große Beständigkeit gegenüber Wasser und aggressive Stoffe, in der Regel große Bruchdehnung und relativ hohe Zugfestigkeit.
Nachteile der Kunststoffe sind u. a. niedriges Elastizitätsmodul, großer Wärmeausdehnungskoeffizient, Versprödungsgefahr bei tiefen Temperaturen und Brennbarkeit einiger Kunststoffe.
Kunststoffe bestehen aus Makromolekülketten (Polymeren), die aus kleinen Grundeinheiten (Monomeren) zusammengestzt sind. Der strukturelle Aufbau der Makromoleküle und der Grad der Vernetzung bestimmen die Eigenschaften der Kunststoffe. Diese können noch durch Hilfs-, Füll- und Verstärkungsstoffe verändert werden.
Aufgrund ihres molekularen Aufbaus werden Kunststoffe in drei Gruppen eingeteilt: Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere (Bild 6-37).


Thermoplaste mit linearen Fadenmolekülen
Duroplaste mit engmaschig vernetzten Molekülen
Elastomere mit weitmaschig vernetzten Molekülen

6-37 Aufbau der Makromoleküle

Einteilung und Verwendung der Kunststoffe

- Thermoplaste
  Thermoplaste bestehen aus linearen oder verzweigten Molekülketten, die nicht vernetzt sind. Es sind Kunststoffe, die bei Erwärmung plastisch verformbar und fließfähig werden. Nach Abkühlung behält das Material seine Form. Dieser Prozess ist umkehrbar. Thermoplaste sind schweißbar. Zu dieser Gruppe gehören die meisten der heute verwendeten Kunststoffe:
  - Polyvinylchlorid (PVC)
    - weichmacherfrei: Regenrinnen, Rollladenprofile, Fensterrahmen
    - weichmacherhaltig: Bodenbeläge, Fugenbänder, Dichtungsbahnen
  - Polyethylen (PE)
    Wasserrohre, Behälter
  - Polypropylen (PP)
    Rohre, Behälter, Seile

- Polystyrol (PS)
  Styropor für Wärme- und Trittschalldämmplatten
- Polyisobutylen (PIB)
  Dichtungsbahnen
- Polyvinylacetat (PVAC)
  Dispersionsfarben, Holzleime
- Polymethylmethacrylat (PMMA)
  Acrylglas für Lichtkuppeln

- Duroplaste
  Duroplaste bestehen aus engmaschig vernetzten Molekülen. Es sind Kunststoffe, die bei Erwärmung nicht plastisch verformbar sind. Ausgehärtete Duroplaste sind meist hart und spröde und nur noch mechanisch bearbeitbar. Einer der ältesten Kunststoffe dieser Gruppe ist Bakelit. Weitere Kunststoffe sind:
  - Ungesättigter Polyester (UP)
    Mit Glasfaserverstärkung: lichtdurchlässige Wellplatten, Lichtkuppeln
  - Epoxidharz (EP)
    Hochwertige Klebstoffe
- Elastomere
  Elastomere bestehen aus weitmaschig vernetzten Molekülen. Zu den Elastomeren gehören alle Arten von vernetztem Kautschuk (Vernetzung z. B. durch Vulkanisation mit Schwefel). Elastomere werden beim Erwärmen nicht weich und sind in den meisten Lösemitteln nicht löslich. Beispiele für Elastomere:
  - Polyurethanschaum (PUR-E)
    Wärme- und Trittschalldämmplatten, Baulager
  - Polysulfidkautschuk (SR)
    Dauerelastische Dichtungsmassen
  - Silikonkautschuk (SI)
    Dauerelastische Dichtungsmassen.

Kunststoffe entstehen durch sog. Polyreaktionen. Dabei werden Monomere miteinander verknüpft. Unterschieden werden die drei Reaktionstypen Polymerisation, Polykondensation und Polyaddition. Bei der Polymerisation handelt es sich um eine Kettenwachstumsreaktion. Dabei werden Moleküle zu langkettigen Riesenmolekülen. Die Polykondensation ist eine Stufenwachstumsreaktion, bei der sich zwei Molekülsorten unter Abspaltung von kleineren Molekülen zu höheren Einheiten verknüpfen. Die Polyaddition, ebenfalls eine Stufenwachstumsreaktion, ähnelt der Polykondensation, Nebenprodukte werden aber nicht abgespalten.

Kunststoffe im Wasserbau

Beispiele für die Verwendung von Kunststoffen im Wasserbau sind

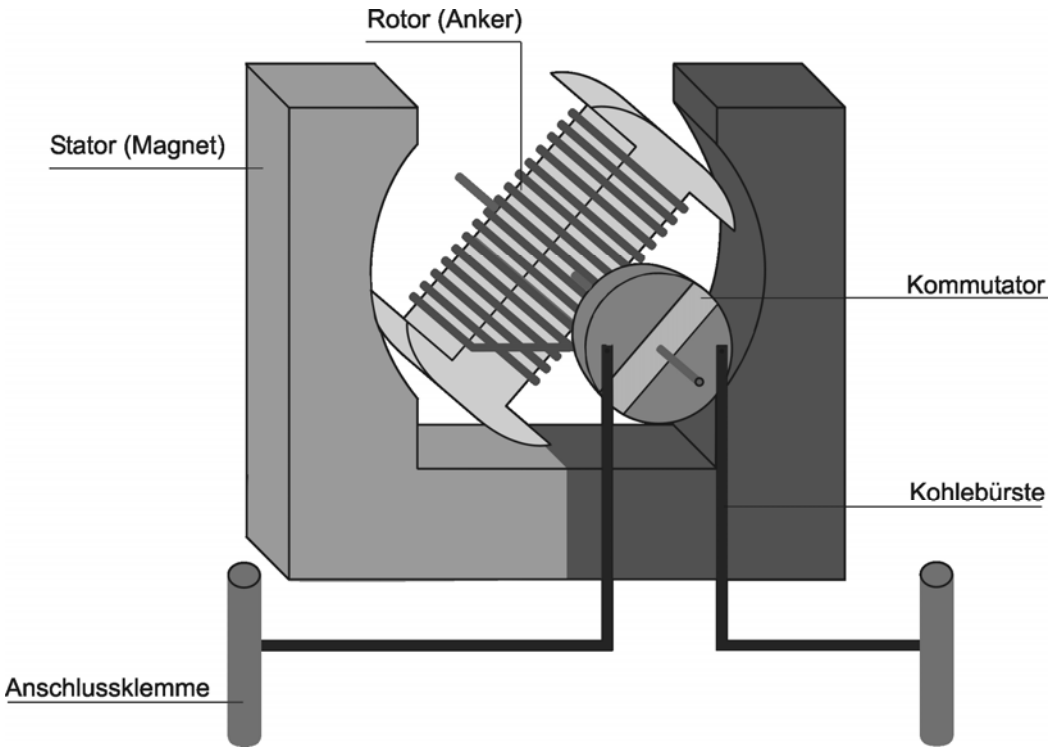
- Elastomere-Fenderungen
- Gleitleisten und Gleitplatten aus Polyethylen
- Kunststoffdräns
- Polyurethandichtungen von Spundwandschlössern
- Geotextile Filter für Böschungs- und Sohlensicherungen
- Geosynthetische Tondichtungsbahnen
- Polyurethan-Verklammerung von Uferdeckwerken

- Kunststoffgittergewebe für Uferdeckwerke
- Fugenbänder (Elastomer)
- Schlauchwehre (Silikonkautschuk).

7 Motorenkunde

7.1 Elektromotor

Der Elektromotor ist eine Kraftmaschine, die elektrische in mechanische Energie umwandelt. Dabei wird die Kraft, die von einem Magnetfeld auf die Leiter einer Spule ausgeübt wird, in Bewegung umgesetzt.
Ein Elektromotor besteht aus einem Stator, einem Rotor und Schleifringen oder Halbringen (Kommutatoren) (Bild 7-1).
Der feststehende Teil ist der Stator, ein von Draht umwickelter Eisenkern, zur Erzeugung eines magnetischen Feldes. Der Rotor besteht aus einer Spule mit Eisenkern (Anker), die drehbar zwischen den Polen gelagert ist. Die Stromzuführung für den Anker erfolgt über Schleifringe oder Kommutatoren. Bei Stromzufuhr entsteht ein Stator- und ein Rotormagnetfeld, so dass der Anker ein Drehmoment erfährt und sich um seine Achse dreht.



7-1 Prinzip des Elektromotors

7.1.1 Gleichstrommotor

Der Gleichstrommotor hat zur Stromzufuhr zwei gegeneinander isolierte Halbringe. Diese haben die Aufgabe, die Stromrichtung in der Ankerspule umzudrehen. Je nach der Stromführung in den Erregerspulen der Feldmagnete unterscheidet man Haupt- oder Reihenschlussmotoren und Nebenschlussmotoren.
Beim Haupt- oder Reihenschlussmotor sind die Wicklungen von Feldmagnet und Anker hintereinander geschaltet. Unmittelbar nach dem Einschalten ist der Strom am stärksten. Am Anfang sind daher Strom

und Magnetfeld besonders stark und erzeugen ein sehr starkes Drehmoment. Diese Motoren werden daher vor allem für Fahrzeugantriebe verwendet.
Beim Nebenschlussmotor liegen die Wicklungen von Feldmagnet und Anker parallel. Der Ankerstrom fließt nicht durch den Magneten, dadurch ist die Erregung konstant und die Drehzahl des Motors nur gering belastungsabhängig. Diese Motoren sind geeignet für Dauerbelastung und Geräte mit konstanter Drehzahl wie Antriebe von Werkzeugmaschinen.

7.1.2 Wechselstrommotor

Die gebräuchlichsten Wechselstrommotoren sind der Universalmotor, der Synchronmotor und der Einphasen-Asynchronmotor.
Das Prinzip des Universalmotors ist vom Gleichstrommotor abgeleitet. Dieser Motor kann jedoch nicht mit Dauermagneten, sondern muss mit Spulen betrieben werden, die um einen Eisenkern gewickelt sind. Er ist für Geräte und Werkzeuge des täglichen Gebrauchs geeignet.
Beim Synchronmotor bestimmt die Frequenz der Wechselspannung die Drehzahl des Läufers. Der Motor muss angeworfen werden, also erst auf die erforderliche Drehzahl gebracht werden, um allein zu laufen.
Der Einphasen-Asynchronmotor muss angeschoben werden, um anlaufen zu können. Er benötigt daher ein selbsterzeugtes Drehfeld, das durch Phasenverschiebung entsteht. Dabei wird meist ein Kondensator verwendet.
Dieser Motor hat wegen seiner einfachen Bauart eine weite Verbreitung gefunden (z. B. in der Waschmaschine).

7.1.3 Drehstrommotor

Der Stator des Drehstrommotors besteht aus drei Wicklungen, in denen der Drehstrom ein Drehfeld erzeugt; der Strom erreicht in den einzelnen Wicklungen nacheinander sein Maximum. Der Rotor benötigt keine Wicklung. Er ist in der Regel ein Käfiganker, ein Zylinder aus Kupfer- oder Aluminiumstäben. Das vom Drehfeld in den Statorwicklungen erzeugte Drehfeld setzt den Rotor in Bewegung.

7.2 Verbrennungsmotor

7.2.1 Einteilung

Eine Einteilung der Motoren kann erfolgen nach der

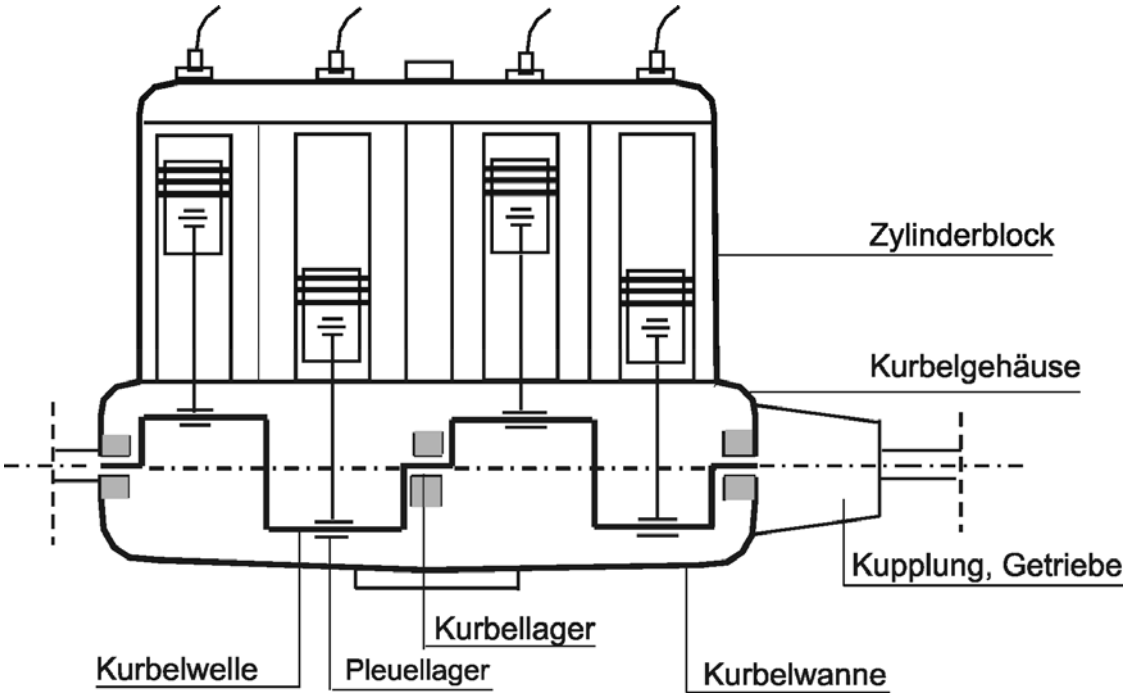
- Kolbenbewegung
  - Hubkolbenmotor: Ottomotor, Dieselmotor
  - Rotationskolbenmotor: Kreiskolbenmotor
- Zylinderanordnung
  - Boxermotor
  - Reihenmotor
  - V-Motor
- Arbeitsweise
  - Viertaktmotor
  - Zweitaktmotor
- Gemischbildung und Zündung
  - Ottomotor
  - Dieselmotor
- Kühlung
  - flüssigkeitsgekühlter Motor
  - luftgekühlter Motor.

Die im Baubereich gebräuchlichsten Motoren sind der Otto-Viertaktmotor, der Otto-Zweitaktmotor und der Diesel-Viertaktmotor, die nachfolgend erläutert werden.

7.2.2 Otto-Viertaktmotor

Der Otto-Viertaktmotor (Bild 7-2) ist wie folgt aufgebaut:

- Motorgehäuse
  Zylinderkopfhaube, Zylinderkopf, Zylinder, Kurbelgehäuse, Ölwanne
- Kurbeltrieb
  Kolben, Pleuel, Kurbelwelle
- Motorsteuerung
  Ventile, Ventilfedern, Kipphebel, Kipphebelwelle, Nockenwelle, Stoßstange bzw. Steuerräder, Steuerkette oder Zahnriemen
- Gemischbildungsanlage
  Vergaser oder Einspritzanlage, Ansaugrohr oder Sammelsaugrohr
- Hilfseinrichtungen
  Zündanlage, Motorschmierung, Motorkühlung, Auspuffanlage.



7-2 Otto-Viertaktmotor

7.2.3 Otto-Zweitaktmotor

Unterschiede des Aufbaus zum Otto-Viertaktmotor:

- Steuerorgane für den Gaswechsel nicht erforderlich, da Steuerung meist durch Kolben oder Schlitze in der Zylinderwand
- Für den Gaswechsel sind drei Kanäle ausreichend
- Beim Arbeitsspiel wirken Zylinder und Kurbelkammer zusammen
- Der Einlasskanal leitet das Kraftstoff-Luft-Gemisch vom Vergaser zur Kurbelkammer
- Der Auslasskanal führt zum Auspuff
- Der Überströmkanal verbindet die Kurbelkammer mit dem Zylinder.

7.2.4 Diesel-Viertaktmotor

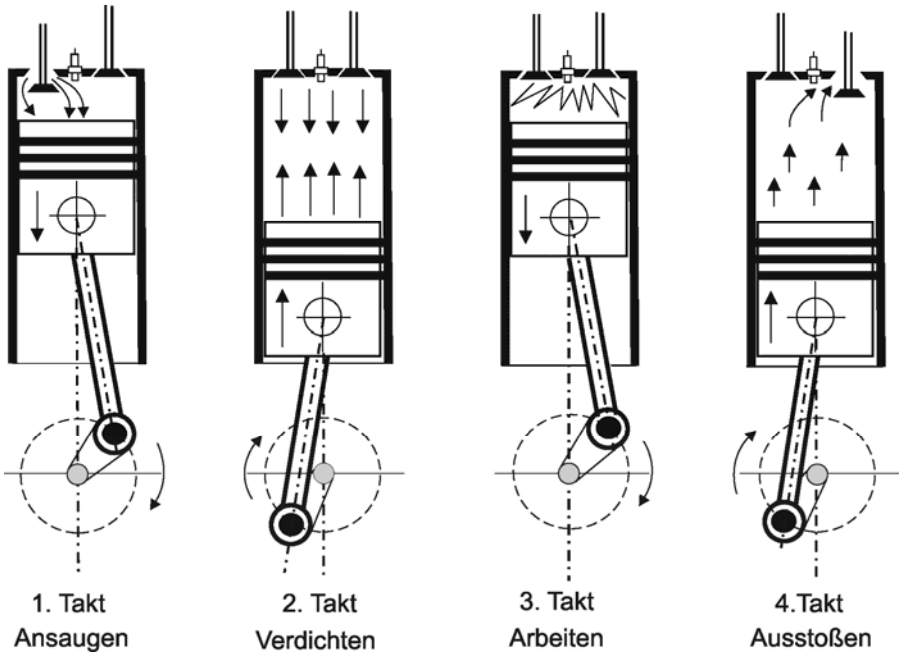
Der Diesel-Viertaktmotor ist wie folgt aufgebaut:

- Motorgehäuse
  Zylinderkopfhaube, Zylinderkopf, Zylinder, Kurbelgehäuse, Ölwanne
- Kurbeltrieb
  Kolben, Pleuelstange, Kurbelwelle
- Motorsteuerung
  Ventile, Ventilfedern, Schlepp- oder Kipphebel oder Stößel, Nockenwelle, Nockenwellenrad, Steuerkette oder Zahnriemen, Antrieb der Einspritzpumpe
- Einspritzausrüstung
  Einspritzanlage mit Regler und Spritzversteller, Kraftstoffpumpe, Kraftstofffilter, Düsenhalter mit Einspritzdüsen
- Hilfseinrichtungen
  Motorschmierung, Motorkühlung, Auspuffanlage, Kaltstarteinrichtung.

7.2.5 Das Viertakt-Arbeitsverfahren

Die Arbeitsverfahren eines Viertaktmotors sind folgende (Bild 7-3):

1. Ansaugen
   - Ottomotor
     Der Kolben geht vom oberen zum unteren Totpunkt und saugt durch das geöffnete Einlassventil das Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Zylinder.
   - Dieselmotor
     Der Kolben geht vom oberen zum unteren Totpunkt und saugt nur Luft in den Zylinder.



7-3 Viertakt-Arbeitsverfahren

2. Verdichten

- Ottomotor
  Der Kolben geht vom unteren zum oberen Totpunkt und verdichtet das Kraftstoff-Luft-Gemisch. Ein- und Auslassventil sind geschlossen. Kurz vor dem oberen Totpunkt wird das Gemisch durch elektrischen Funken gezündet.
- Dieselmotor
  Der Kolben geht vom unteren zum oberen Totpunkt und verdichtet die angesaugte Luft. Kurz vor dem oberen Totpunkt wird der Kraftstoff eingespritzt. Er entzündet sich selbst an der heißen verdichteten Luft.

3. Arbeiten (Otto- und Dieselmotor)
   Der Kolben bewegt sich unter Druck der Verbrennungsgase vom oberen zum unteren Totpunkt. Diese Bewegung wird über Kolbenbolzen und Pleuelstange auf die Kurbelwelle übertragen.
4. Auspuffen (Otto- und Dieselmotor)
   Der Kolben geht vom unteren zum oberen Totpunkt und schiebt die verbrannten Gase durch das geöffnete Auslassventil aus dem Zylinder.

Teil III Grundlagen des Wasserbaus

8 Vermessungswesen, Karten, Liegenschaftsverwaltung

8.1 Grundlagen

Vermessungen sind für Baumaßnahmen erforderlich, sie bilden aber auch die Grundlage für die Anfertigung von Karten wie z. B. die Bundeswasserstraßenkarte.

Das Vermessungswesen hat die Aufgabe, die Erdoberfläche insgesamt oder in einzelnen Teilen abzubilden. Die dazu idealisierte Form der Erde wird als Geoid bezeichnet. Das Geoid kann man sich als Oberfläche der Ozeane im Ruhezustand vorstellen. Die Lotrichtung steht überall senkrecht dieser Fläche. Das Geoid ist auch die Fläche, die als Bezugsfläche für das Höhensystem in Deutschland mit dem Nullpunkt NN gewählt wurde.

Man unterscheidet zwischen Lage- oder Horizontalmessungen und Höhen- oder Vertikalmessungen. Für Lagemessungen innerhalb von Bereichen von etwa 100 km^2 kann man das Geoid durch eine Horizontalebene ersetzen. Für größere Bereiche wird als Bezugsfläche für die Lagemessungen eine Kugel oder ein Rotationsellipsoid benutzt.

Längenmaße

Die Maßeinheit für die Längenmessung ist das Meter. Grundlage war das Urmeter, ein in Paris aufbewahrter Stab aus einer Platin-Iridium-Legierung. Ursprünglich sollte die Länge dieses Stabes der zehnmillionste Teil eines Erdmeridianquadranten (Längengrad zwischen Pol und Äquator) sein. Genauere Messungen haben Abweichungen nachgewiesen.

Später wurde ein Meter als die Länge von 1 650 763,73 Wellenlängen der gelben Strahlung des Atoms Krypton 86 im Vakuum beschrieben. Seit 1983 wird das Meter mit Hilfe der exakt festgelegten Lichtgeschwindigkeit definiert: Das Meter ist der Weg, den das Licht im Vakuum innerhalb von 1/299 792 458 Sekunde durchläuft.

Umrechnung:

1 m	=	10^{-3}	km	(Kilometer)
	=	10	dm	(Dezimeter)
	=	10^{2}	cm	(Zentimeter)
	=	10^{3}	mm	(Millimeter)
	=	10^{6}	µm	(Mikrometer)
	=	10^{9}	nm	(Nanometer)
	=	10^{12}	pm	(Pikometer)

Flächenmaße

Die Flächenmaße sind aus den Längenmaßen abgeleitet. Ein Quadrat von 1 m Seitenlänge (ein Quadratmeter) wird als Einheit der Flächenmaße bezeichnet.

Umrechnung:

1 m^2	=	10^{-6}	km^2	(Quadratkilometer)
	=	10^{2}	dm^2	(Quadratdezimeter)
	=	10^{4}	cm^2	(Quadratzentimeter)
	=	10^{6}	mm^2	(Quadratmillimeter)
100 m^2	=	1	a	(Ar)
10^4 m^2	=	1	ha	(Hektar)

Winkelmaße

Einheiten des Winkels sind:

Radiant (rad)	$360^0 = 2\ \pi$ rad, 1 rad = $57{,}29^0$
Grad (^{0}) (Altgrad)	
Minute (´)	
Sekunde (´´)	
Gon (gon) (Neugrad)	100 gon = 90^0 = 1,5708 rad

8.2 Vermessungsgeräte

Gebräuchliche Vermessungsgeräte sind

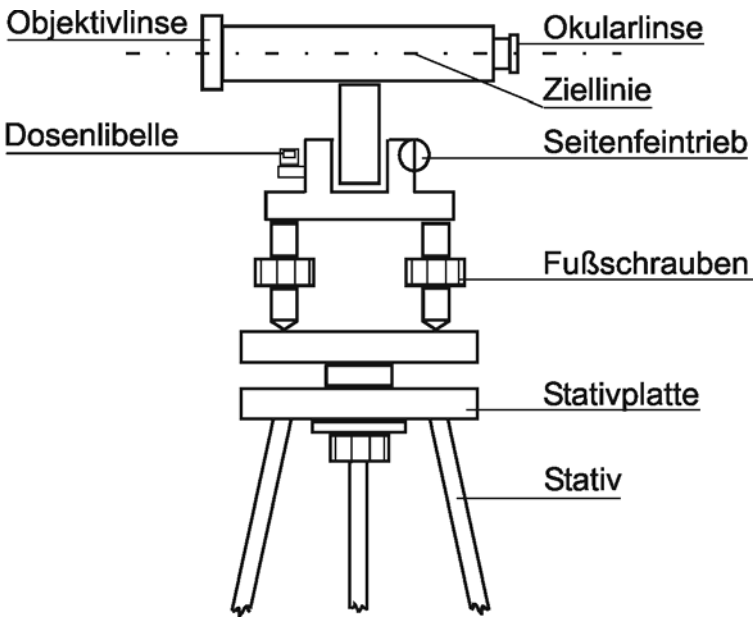
- das Nivelliergerät
- der Theodolit
- das Tachymeter
- das GPS-Gerät.

Nivelliergerät

Das Nivelliergerät besteht im Wesentlichen aus einem um eine Vertikalachse drehbaren Fernrohr. Durch eine horizontale Ziellinie können Höhenunterschiede bestimmt oder abgesteckt werden. In der Regel sind Nivelliergeräte mit einem Horizontalkreis ausgestattet, der sich gut zum Abstecken rechter Winkel eignet. Außerdem können mit dem Gerät Entfernungen mit einer Genauigkeit von 0,10 bis 0,30 m gemessen werden.

Nivelliergeräte ohne bzw. mit Kippschraube sind mit einer Röhrenlibelle versehen, mit deren Hilfe eine horizontale Ziellinie gebildet wird.

Automatische Nivelliere (Bild 8-1) verfügen in der Regel über einen Kompensator, der die Neigungen der Zielachse selbsttätig ausgleicht. Der Kompensator ist ein mechanisch-optisches Bauteil, das aus an Drähten hängenden Spiegeln, Prismen und Linsen besteht. Eine grobe Vorhorizontierung ist anhand einer Dosenlibelle erforderlich.



8-1 Automatisches Nivelliergerät

Nach ihrer Genauigkeit werden Nivelliergeräte wie folgt klassifiziert:

- Baunivellier (z. B. automatisches Nivelliergerät) für
  - Technische Nivellements auf Baustellen
  - die Aufnahme von Längs- und Querprofilen
  - Flächennivellements
- Ingenieurnivellier für
  - amtliche Festpunktnivellements im Netz 3. Ordnung
  - Geländeaufnahmen für Massenberechnungen
  - Nivellements im Straßen-, Brücken- und Tunnelbau
- Feinnivellier für
  - Amtliche Festpunktnivellements in den Netzen 1. und 2. Ordnung
  - Überwachung von Wasserbauwerken, Brücken.

Um Höhenunterschiede zu bestimmen, wird eine Nivellierlatte benötigt. Die Nivellierlatte dient der Messung des Abstandes zwischen der waagerechten Zielachse und dem Aufsetzpunkt der Latte.
Nivellierlatten sind 3 bis 5 m lang mit einer rot/weißen oder schwarz/weißen dm-Einteilung mit arabischen Ziffern und einer weiteren Einteilung in cm. Millimeter sind nicht dargestellt und müssen geschätzt werden.
Ausführungsarten sind starre Latten, Klapplatten und Teleskoplatten. Die beste Lattenunterlage ist ein sog. Frosch, ein Metallfuss. Eine möglichst lotrechte Aufstellung wird durch eine Dosenlibelle ermöglicht.

Aufstellen eines automatischen Nivelliergerätes

Die Stativbeine werden auf die gewünschte Länge ausgezogen und die Schrauben werden fest angezogen. Von dem 3-beinigen Stativ werden zunächst 2 Beine im Boden festgesetzt. Mit dem 3. Bein wird durch Drehbewegung vor dem Festsetzen eine möglichst waagerechte Stativplatte eingerichtet.
Dann wird das Instrument aufgesetzt und festgeschraubt.
Nach dem Aufstellen wird das Instrument durch Einspielen der Dosenlibelle grob horizontiert. Dazu werden zunächst zwei Stellschrauben gleichzeitig gegenläufig gedreht. Dabei gibt der Zeigefinger der rechten Hand die Richtung an, in die die Blase der Dosenlibelle laufen soll. Mit der dritten Stellschraube wird dann die Libelle zum Einspielen gebracht. Zur Kontrolle wird das Instrument um 180^0 gedreht. Die Libellenblase sollte dann immer noch innerhalb des Einstellkreises stehen. Ragt sie darüber hinaus, muss sie justiert werden. Die Feinhorizontierung erfolgt automatisch.

Theodolit

Der Theodolit ist ein Instrument zum Messen von Horizontal- und Vertikalwinkeln. Bestandteile des Theodoliten sind ein Messfernrohr, ein Vertikal- und ein Horizontalkreis sowie mehrere Libellen zur lotrechten Ausrichtung.
Heute wird zur Winkelmessung überwiegend der Tachymeter verwendet.

Tachymeter

Ein Tachymeter (Schnellmessgerät) ist ein Theodolit mit integriertem Distanzmesser, mit dem Winkel und Entfernungen gleichzeitig gemessen werden können. Die heutigen elektronischen Tachymeter zeigen Winkel und Entfernungen digital an, Horizontaldistanzen, Höhenunterschied und Koordinaten werden automatisch berechnet.

Vermessen mit GPS

Die GPS-Vermessung nutzt die Signale von Satelliten. Diese ermöglichen eine Positionsbestimmung an jedem Punkt der Erde. GPS-Empfänger auf der Erdoberfläche ermitteln ihre Positionen aus Streckenmessungen zu vier oder mehr Satelliten. Die Genauigkeit hängt von dem Typ des GPS-Empfängers und der angewandten Beobachtungs- und Auswertetechnik ab. Der Vorteil dieser Vermessung gegenüber der Vermessung mit einem Tachymeter ist, dass zwischen den zu vermessenden Punkten eine Sichtverbindung nicht erforderlich ist. Mit modernen GPS-Geräten können die vielfältigsten Vermessungsaufgaben mit Zentimetergenauigkeit gelöst werden, und zwar auf dem Stativ, auf Schiffen, Landfahrzeugen und Baumaschinen.

8.3 Durchführen von Vermessungen

8.3.1 Lage- oder Horizontalmessungen

Ausfluchten

Für eine Messung sind Punkte und durch Punkte gekennzeichnete Linien auszustecken. Zur vorübergehenden Bezeichnung von Punkten auf dem Gelände dienen lotrecht stehende Stäbe (Fluchtstäbe). Sie sind 2 bis 3 m lang, 3 cm im Durchmesser und durch Anstrich abwechselnd rot und weiß oder schwarz und weiß in 0,50 m lange Felder aufgeteilt.

Ausfluchten einer Geraden

Soll zwischen zwei, durch Fluchtstäbe bezeichneten Punkten A und B die Entfernung gemessen werden, so muss man die Gerade erst ausfluchten; man weist dabei unter Mitarbeit eines Gehilfen zwischen A und B weitere, durch Fluchtstäbe bezeichnete Punkte ein.

Verlängerung einer Geraden

Der Einfluchter soll etwa 2 m hinter dem Stab stehen und den Gehilfen durch Zeichen oder Zurufe einweisen. Der Gehilfe hält den Stab mit ausgestrecktem Arm mit Daumen und Zeigefinger. Der Einfluchter kontrolliert die Richtung mit dem Auge.

Einfluchten bei Geländehindernissen

Sind in eine Messungslinie Zwischenpunkte einzufluchten, wobei der Endpunkt B vom Anfangspunkt A nicht sichtbar ist, ist folgendermaßen vorzugehen (Bild 8-2):

Ungefähr in der Flucht zwei Punkte 1 und 2 auswählen, von denen aus beide Punkte A und B zu sehen sind. Die Punkte werden durch Fluchtstäbe markiert.

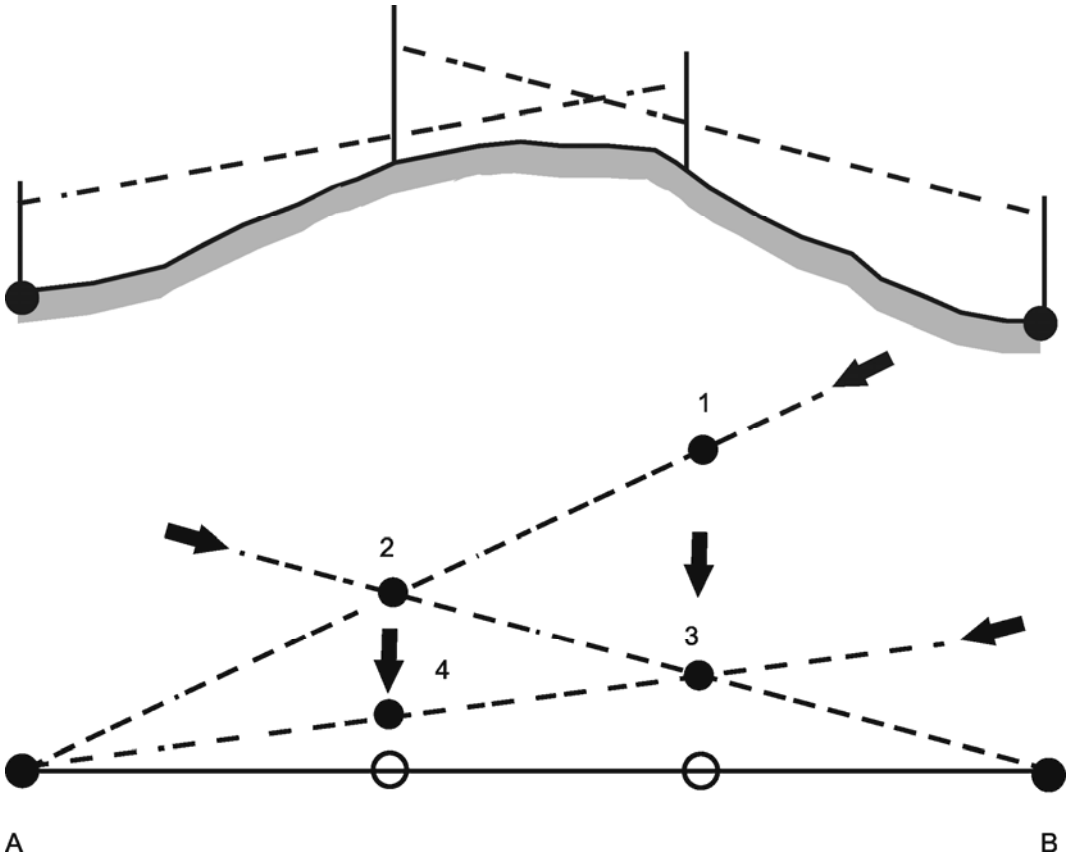
Punkt 2 von Punkt 1 aus in die Gerade 1 – A einfluchten.

Punkt 3 von Punkt 2 aus in die Gerade 2 – B einfluchten.

Punkt 4 von Punkt 3 aus in die Gerade 3 – A einfluchten.

Dieses Vorgehen wird solange fortgeführt, bis an den beiden Zwischenpunkten keine seitlichen Abweichungen mehr sichtbar sind.

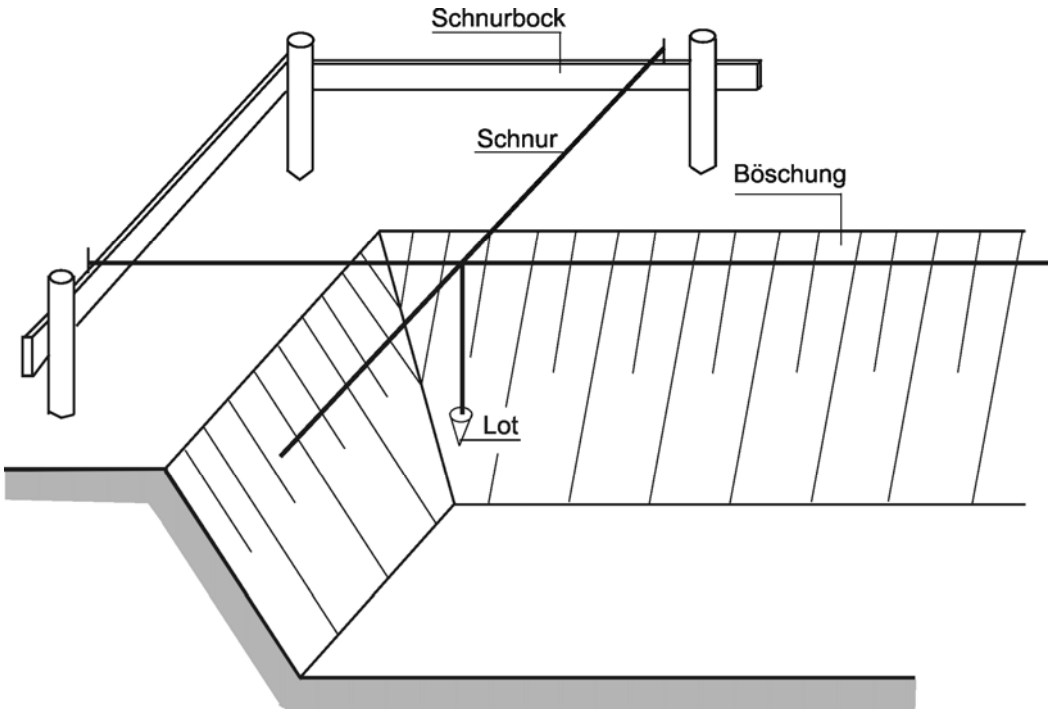
Ein Hindernis (z. B. ein See oder Gebäude) kann durch Abstecken einer Parallelen zur Geraden eingemessen werden.



8-2 Einfluchten bei Geländehindernissen

Abstecken eines Schnurgerüstes

Bei Gebäudeabsteckungen werden üblicherweise die Gebäudeseiten bis über die Ausdehnung der Baugrube verlängert. Dort wird ein Schnurgerüst aufgestellt, auf dem die genauen Verlängerungen mit Nägeln markiert werden. So können durch Einhängen von Schnüren die Gebäudeseiten mittels Lot hergestellt werden (Bild 8-3).



8-3 Baugrube mit Schnurgerüst

Abstecken rechter Winkel

Die einfachste Art, einen rechten Winkel im Gelände zu konstruieren, ist die Anwendung des Satzes von Pythagoras (rechtwinkliges Dreieck mit den Seitenlängen 3, 4 und 5).

Zum Abstecken rechter Winkel dienen außerdem Spiegel- und Prismeninstrumente.

Die genaueste Methode ist die Verwendung eines Theodolits, bei geringeren Genauigkeitsanforderungen eignet sich auch der Horizontalkreis eines Nivelliergerätes.

Streckenmessung

Zur Streckenmessung werden der Gliedermaßstab, Messlatten, Messbänder oder ein Nivelliergerät bzw. Tachymeter verwendet.

Messlatten sind 3 oder 5 m lange Holzstäbe mit einer rot-weißen oder schwarz-weißen Aufteilung in Meter. Die mit Stahlkappen versehenen Enden der Latten sind bei gewöhnlichen Latten eben, bei „Schneidelatten“, die für feinere Messungen benutzt werden, keilförmig. Die Streckenmessung besteht in ebenem, horizontalem Gelände darin, dass man die Latten in der Geraden aneinanderfügt.

Das Messband, das ebenfalls in horizontalem und schwach geneigtem Gelände angewendet wird, ist ein in der Regel 20 m langer, etwa 2 cm breiter Stahlstreifen mit aufgenieteten Marken im Abstand von einem Dezimeter. Beim Messen mit dem Messband werden in der Regel Richtstäbe und Zählnadeln verwendet. Zur Messung von kurzen Strecken verwendet man 10 oder 20 m lange Taschenmessbänder mit Zentimeterteilung.

Bei der **Staffelmessung**, die hauptsächlich in steilerem Gelände angewendet wird, wird die in einem Punkt auf dem Boden aufliegende Latte horizontal so gehalten, dass ihr Ende vertikal über bzw. unter dem Ende der vorhergehenden Latte liegt. Die Staffelmessung ist somit eine Längen- und Höhenmessung (Bilder 8-6 und 8-7).

Aufnahme einzelner Grundstücke und kleiner Lagepläne

Bei Geländeaufnahmen wird immer von einer ausgesteckten Standlinie, Polygonlinie oder Hektometerlinie ausgegangen. Von dieser Linie werden dann alle zu messenden Strecken rechtwinklig abgesetzt (Bild 8-5).

8.3.2 Höhen- oder Vertikalmessungen

Grundlagen

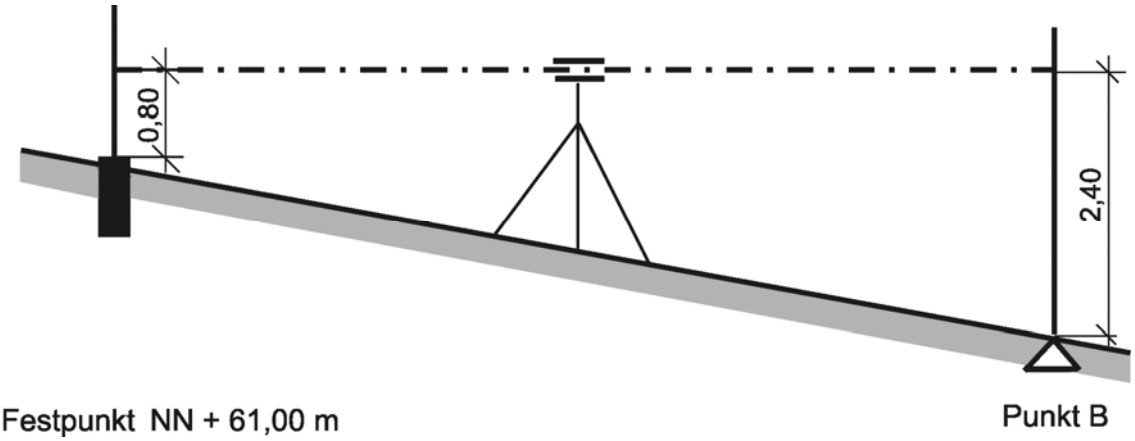
Unter der Höhe eines Punktes versteht man seinen lotrechten Abstand von der amtlich festgelegten Ausgangs- und Bezugsfläche für Höhenmessungen. Diese Bezugsfläche wird mit Normal-Null (NN) bezeichnet.

Diese Ausgangshöhe ist durch Feinnivellements auf viele Vermessungspunkte übertragen worden. Die Höhen der verschiedenen Festpunkte kann man aus amtlichen Verzeichnissen ablesen.

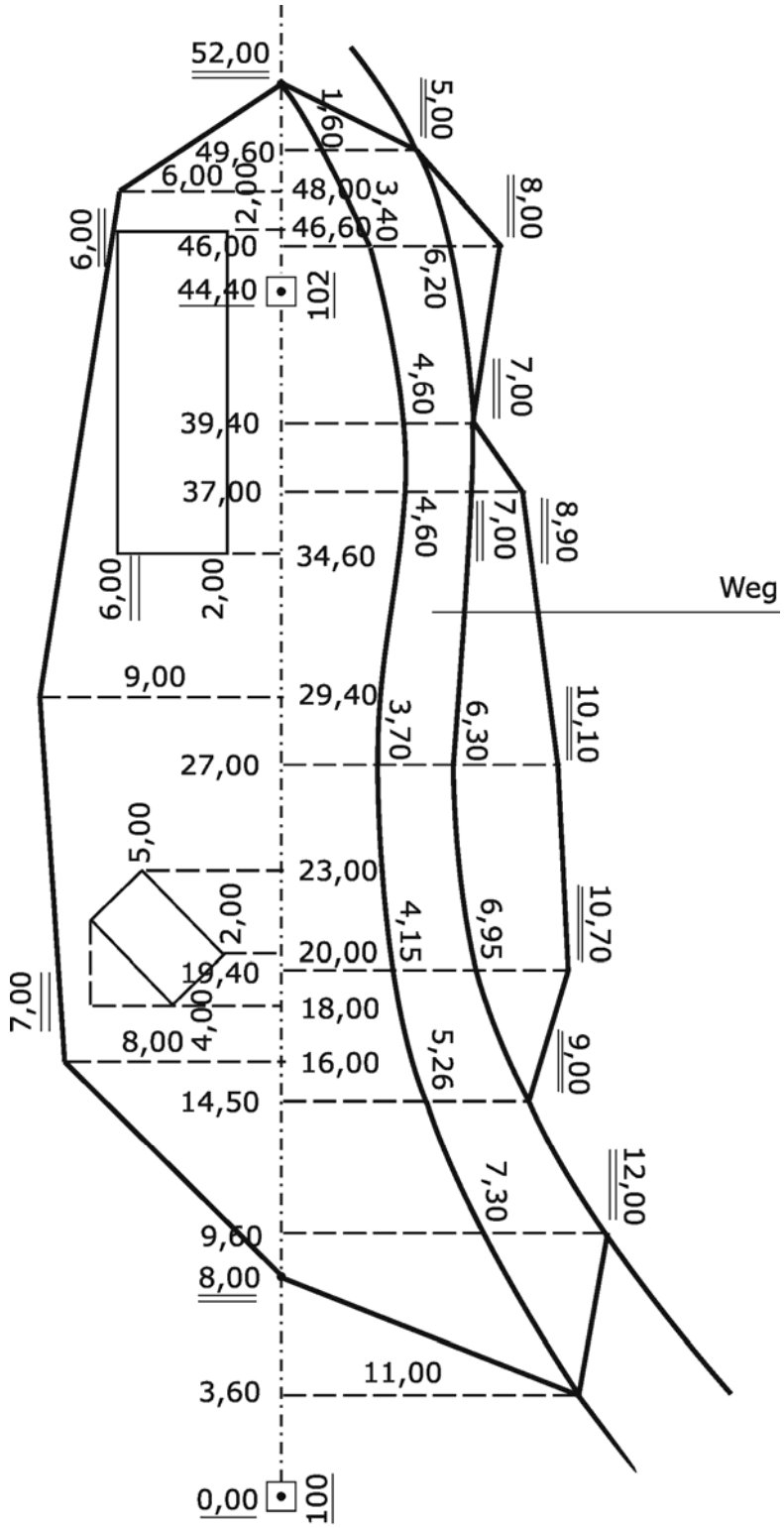
Grundprinzip des Nivellierens ist die Bestimmung des Höhenunterschieds zwischen zwei Punkten (Bild 8-4). Um die Höhe eines Punktes über NN zu ermitteln, wird sein Höhenunterschied gegen den Festpunkt gemessen, indem man die lotrechten Abstände dieser Punkte von einer waagerechten Zielachse misst.

Beispiel:

Festpunkt:	NN + 61,00 m
+ Ablesung:	0,80 m
= Zielachse:	NN + 61,80 m
- Ablesung:	2,40 m
Punkt B:	NN + 59,40 m



8-4 Messung des Höhenunterschieds zwischen zwei Punkten



8-5 Beispiel einer Geländeaufnahme

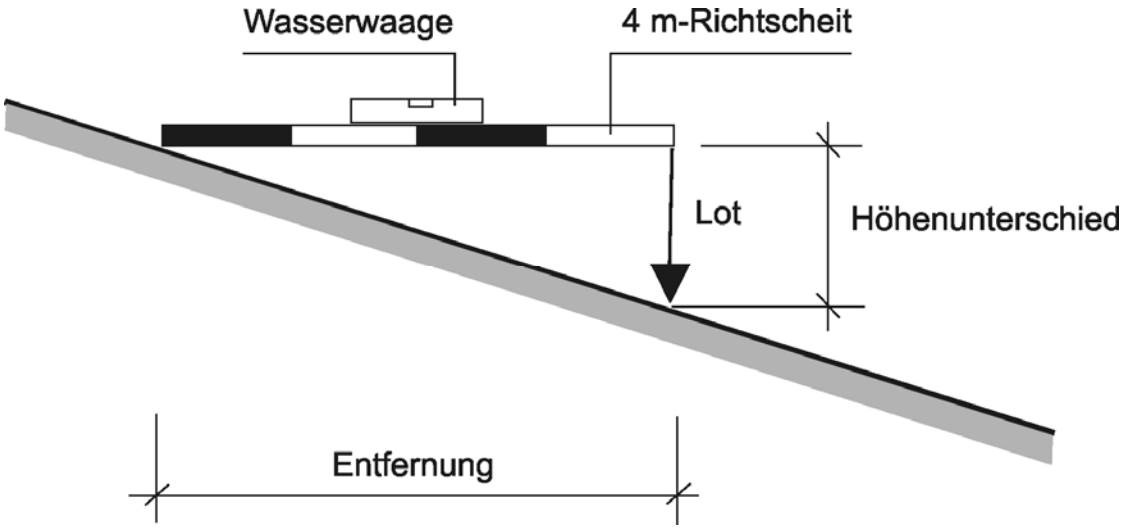
Geräte für Höhenmessungen sind die Wasserwaage, die Schlauchwaage und das Nivellierinstrument:

Höhenmessung

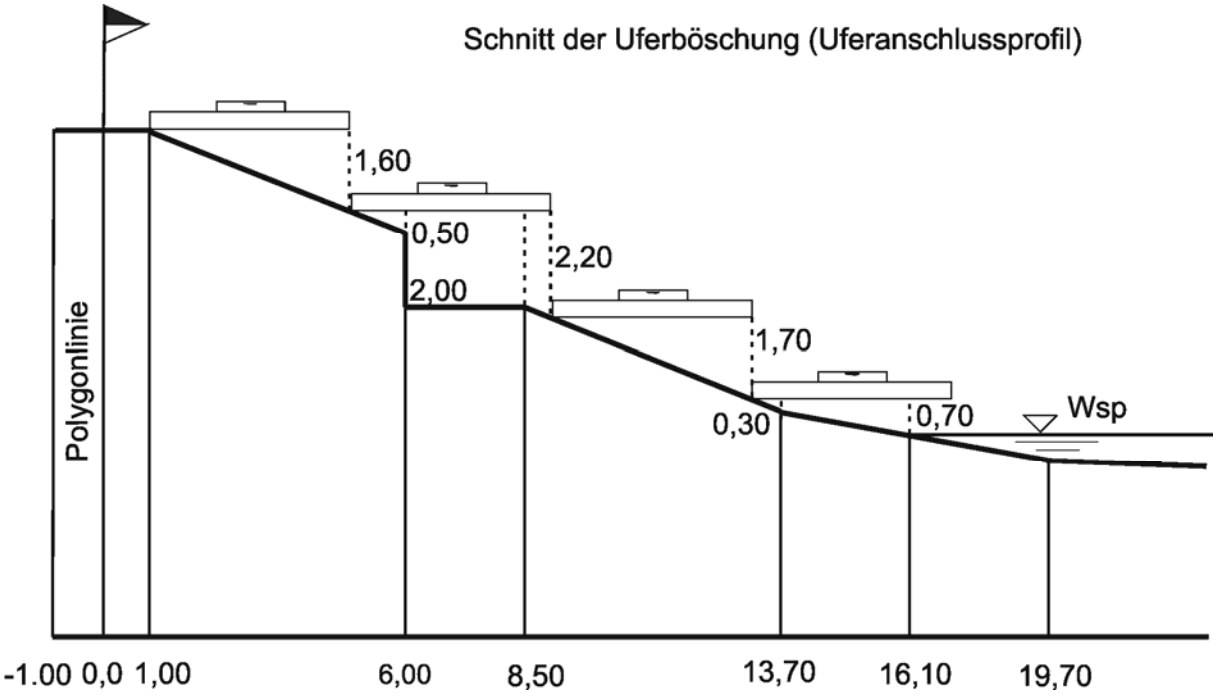
Bei Höhenmessungen wird unterschieden zwischen Staffelmessung und Nivellement.

Staffelmessung

Die Staffelmessung ist eine Längen- und Höhenmessung. Erläuterungen siehe zu „Längenmessungen“ (Bilder 8-6 und 8-7).



8-6 Staffelmessung



8-7 Handriss zu einer Staffelmessung

Nivellement

Liegen die Punkte A und B weit auseinander, so wird deren Höhenunterschied mit einem Liniennivellement bestimmt, wobei die Zielweiten in der Regel zwischen 30 und 50 m liegen sollten. Instrumenten- und Lattenstandpunkte sind durch Abschreiten so zu wählen, dass die Abstände vom Instrument zu den beiden Latten etwa gleich sind.

Liniennivellement mit zwei Wechselpunkten (Bild 8-8 und Feldbuchauftragung 8-9):

Instrument zwischen Punkt A und WP1 (Wechselpunkt 1) aufstellen.

Nivellierlatte auf Punkt A lotrecht aufstellen, Höhe ablesen und notieren (Rückblick R).

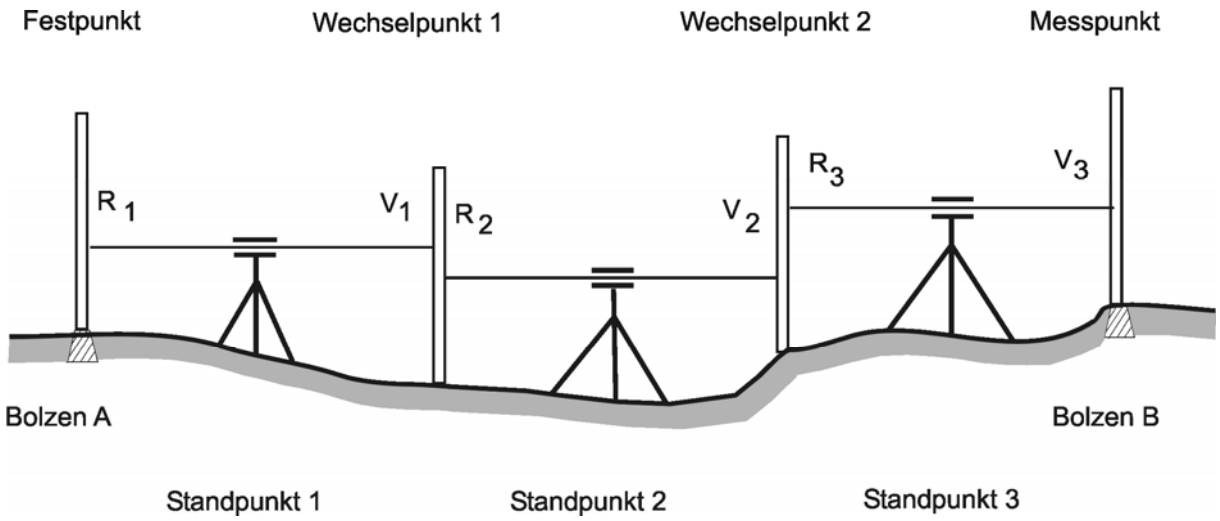
Latte auf WP 1 aufstellen, Höhe ablesen und notieren (Vorblick V).

Instrument zwischen WP 1 und WP 2 aufstellen (Latte bleibt auf WP 1 stehen).

Latte auf WP 1 vorsichtig zum Instrument drehen.

Rückblick ablesen....usw.

Der Höhenunterschied zwischen A und B ist gleich der Summe der Rückblicke abzüglich der Summe der Vorblicke.



8-8 Liniennivellement

Standpunkt	W-Pkt.-Nr.	Rückblick	Vorblick	Steigen +	Fallen -	Höhe NN	Bemerkungen
Niv.-Gerät		R	V				
	A					70,000	Anfang
1	A	1,306					
1	WP 1		1,635	0,329		70,329	
2	WP 1	1,587					
2	WP 2		1,125		0,462	69,867	
3	WP 2	2,107					
3	B		1,516		0,591	69,276	Ende
Summe		5,000	4,276	0,329	1,053		
Differenz		0,724		0,724			
Höhenunterschied der Punkte A und B: 70,000 - 69,276 = 0,724 m							

8-9 Beispiel einer Feldbuchauftragung

8.4 Lage- und Höhenfestpunktfeld

8.4.1 Lagefestpunktfeld

Das Lagefestpunktfeld umfasst die trigonometrischen Punkte, die an hohen Bauwerken als Hochpunkte oder im Gelände als Bodenpunkte durch eine besondere Vermarkung bezeichnet und durch genaue Messverfahren bestimmt und koordiniert worden sind. Zum Aufbau dieses Festpunktfeldes wurden große Dreiecke über das Land gelegt, deren Punkte einen durchschnittlichen Abstand von etwa 40 km haben.

8.4.2 Höhenfestpunktfeld

Höhenfestpunkte sind durch eiserne Bolzen in Gebäuden, in Granitsteinen oder durch in die Erde gerammte Rohre bezeichnet. Die Höhenangaben beziehen sich einheitlich auf diejenige Niveaufläche, die als Normalnull (NN) bezeichnet ist. Die Höhen einiger Punktgruppen, die in geologisch sicheren Gebieten unverändert erhalten sind, werden als Ausgangswerte für die Punkte des Höhenfestpunktfeldes benutzt. Die Höhen dieser Punkte über NN werden sehr genau ermittelt und dienen zum Anschluss von Höhenvermessungen für den Bau von Straßen, für Wasserbauten, für den Küstenschutz und für viele andere technische Arbeiten.

8.4.3 Schutz der Grenz- und Vermessungsmarken

Die Grenzmarken und Vermessungsmarken (Steine, Kunststoffmarken, Rohre, Bolzen und dgl.) des amtlichen Lage-, Höhen- und Schwerenetzes (die Gesamtheit der in einem Bezugssystem bestimmten und eindeutig identifizierbaren Vermessungspunkte) sind eine wichtige Grundlage für öffentliche und private Vermessungsarbeiten. Sie dienen vor allem der Sicherung des Grundeigentums.

Die Grenzmarken und Vermessungsmarken sind durch das Abmarkungsgesetz geschützt. Werden Grenz- und Vermessungsmarken bei Erdarbeiten vorsätzlich oder fahrlässig zerstört, beschädigt oder verschüttet, stellt dies eine Ordnungswidrigkeit dar. Dem Verursacher können eine Geldbuße und die Kosten der Wiederherstellung der Abmarkung auferlegt werden.

Um Veränderungen an Abmarkungen und die damit verbundenen Kosten zu vermeiden, sollten Auftraggeber oder Unternehmer von Erdarbeiten das zuständige Katasteramt von dem beabsichtigten Bauvorhaben und dem Beginn der Arbeiten rechtzeitig unterrichten und bei diesem Katasteramt oder bei einem Öffentlich bestellten Vermessungsingenieur die Sicherung der gefährdeten Abmarkungen beantragen. Die Kosten für die Sicherung und Versetzung von Vermessungsmarken trägt in diesem Fall das Land. Für die Sicherung und Versetzung von Grenzmarken hat der Auftraggeber (Grundstückseigentümer, ausführender Unternehmer) die Kosten zu tragen.

Die Unternehmer sollten bei der Auftragserteilung auf den Schutz und die Sicherung der Grenz- und Vermessungsmarken besonders hingewiesen und verpflichtet werden, die infolge der von ihnen zu vertretenden Versäumnisse entstehenden zusätzlichen Kosten zu tragen. Außerden sollten die am Bauvorhaben beteiligten Hilfkräfte zur gebotenen Sorgfalt und Vorsicht bei den Arbeiten angewiesen werden.

8.5 Vermessungsaufgaben der WSV

Der vermessungstechnische Dienst der WSDn und WSÄ stellt die geodätischen Unterlagen für die Planung und Durchführung von Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen zur Verfügung. Zu seinen Aufgaben gehören:

- Herstellen und Unterhalten des Lage- und Höhenfestpunktfeldes.
  Entlang der Wasserstraßen – teilweise beidseitig – und entlang der Küste bestehen Nivellementshauptlinien, deren Punkte (Pfeiler, Bolzen, Rohre) sehr genau bestimmt sind. Daneben gibt es die Po-

lygonpunkte (PP), die meist nur lagemäßig bestimmt sind, und die Hektometerpunkte (HM), die lage- und höhenmäßig eingemessen sind.

Die HM sind die wichtigste Grundlage für Vermessungsarbeiten an der Wasserstraße und für Peilungen. Auf der Grundlage der Kilometrierung in der Achse der Wasserstraße wurden rechtwinklig zu den Achspunkten im Abstand von 100 m Profile gelegt, die an beiden Ufern mit Festpunkten vermarkt sind.

Für Inspektionsmessungen an Bauwerken bestehen Messpunkte, um Veränderungen an Bauwerken (z. B. Setzungen) feststellen zu können.

Pegelfestpunkte sichern die Höhenlage eines Pegels.

Sonstige Festpunkte sind z. B. Kabelsteine, die den Verlauf einer WSV-eigenen Kabeltrasse anzeigen. Grenzmarken weisen die Abgrenzung des Eigentums der WSV in der Örtlichkeit nach.

- Vermessungstechnische Bauwerksinspektionsmessungen, Vermessen der Eigentumsgrenzen und ihrer Änderungen.

  Bauwerksinspektionsmessungen sind bei Bauvorhaben sowie an bestehenden Anlagen erforderlich.
- Vermessen der Gewässersohle.

  Die Vermessung der Gewässersohle sowie deren regelmäßige Überprüfung sind im Hinblick auf die Unterhaltungs- und Verkehrssicherungsaufgaben der WSV besonders wichtig. Durch die Vermessung wird die Topographie des Gewässergrundes und der zumindest zeitweise bedeckten angrenzenden Vorlandbereiche erfasst. Ergebnisse der Vermessung sind in der Regel digitale Geländemodelle, die als Karte, Geländeschnitt oder als dreidimensionale Darstellung zur Verfügung gestellt werden. Die Messtechnik ist im Kapitel 9 „Peilwesen“ erläutert.

8.6 Kartenwesen

Karten werden auf verschiedenen Gebieten und zu unterschiedlichen Zwecken gebraucht. Hiernach richtet sich die Ausgestaltung der Karte.

Die Vermessungsdienststellen der Länder stellen amtliche Karten in verschiedenen Maßstäben her, die jedoch für die WSV nur bedingt brauchbar sind. Inhalt und Maßstab genügen nicht den Anforderungen, und der Blattausschnitt ist nicht auf den Verlauf der jeweiligen Wasserstraße abgestimmt.

Der wesentliche Karteninhalt wird ermittelt durch die Aufnahme von Luftbildern und durch örtliche Vermessung. Die Grundlage bildet das Lage- und Höhennetz.

Der Maßstab gibt das Verkleinerungsverhältnis der Karte gegenüber der Natur an.

Um eine Karte lesen zu können, ist eine Legende erforderlich, in der die verwendeten Zeichen (Signaturen) erläutert sind.

Die meisten Karten beinhalten ein Gitternetz, mit dessen Hilfe Koordinaten grafisch ermittelt werden können.

In der WSV werden Karten großen, mittleren und kleinen Maßstabes von den verschiedenen Fachbereichen benötigt, die die wasserstraßen-, schifffahrts- und verwaltungsspezifischen Informationen hervorheben.

Hauptsächliche Verwendungszwecke der WSV-Karten sind:

- Großer Maßstab (1 : 500 bis 1 : 5 000) mit Detaildarstellung der Wasserstraßen sowie ihrer Uferbereiche mit den WSV-Anlagen:
  - Bautechnik: Bauplanungsunterlagen für Aus-, Neubau- und Unterhaltungsmaßnahmen (z. B. Bundeswasserstraßenkarte)
  - Nachrichtentechnik: Graphischer Leitungsnachweis
  - Vermessungswesen: Grundlage für Kilometrierung, Vermessungspunktnachweis (z. B. Deutsche Grundkarte, Katasterkarte, Flurkarte, Messtischblatt)

  - Kartenwesen: Fortführungsgrundlage für WSV-Karten kleineren Maßstabs und amtliche Karten
  - Liegenschaftsverwaltung: Liegenschafts-, Nutzungs- und Lastenkarten
- Mittlerer Maßstab (1 : 5 000 bis 1 : 25 000) mit begrenzter Übersicht innerhalb größerer Nachbarschaftsbereiche
  - Bautechnik: Wasserstraßenplanung
  - Nachrichtentechnik: Graphischer Leitungsnachweis
  - Schifffahrtswesen: Grundlage für Verkehrskarten mit Angaben der Schifffahrt
  - Gewässervermessung und Hydrologie: Tiefenlinien, Hochwassergrenzen, Wasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete, Angaben über Strömungsverhältnisse, Wärmebelastung, Verschmutzung
  - Vermessungswesen: Planung von Grundlagenvermessungen
  - Liegenschaftsverwaltung: Lagepläne für Nutzungsverträge, Bodenwertübersichten
- Kleiner Maßstab (1 : 25 000 bis 1 : 1 Mio.):
  - Übersichtskarten für Verwaltungs-, Organisations- und Verkehrszwecke

8.7 Elektronische Wasserstraßenkarte (Inland ECDIS, ARGO)

Inland ECDIS ist ein System zur elektronischen Darstellung von Binnenschifffahrtskarten und ergänzenden Sachdaten, wie z. B. die Bedeutung der Schifffahrtszeichen.
ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) ist der internationale Standard, wie er für die elektronische Seekarte und deren Darstellung definiert ist. Inland ECDIS ist der Standard für ECDIS auf Binnenschifffahrtsstraßen.
ECDIS dient im Informationsmodus als elektronischer Atlas zur Orientierung über die Wasserstraße. Im Navigationsmodus dient ECDIS mit überlagertem Radarbild zum Steuern des Schiffes.
ARGO ist die deutsche Anwendung des Inland ECDIS Standards. Die Besonderheit von ARGO ist die Darstellung von Tiefenlinien unter dem jeweiligen aktuellen Wasserstand.

8.8 Liegenschaftsverwaltung

Die WSV benötigt zur Erfüllung ihrer Aufgaben Grundbesitz in ausreichendem Umfang. Bundeseigene Grundstücke gehören zwar zum Bundesvermögen und unterliegen der Zuständigkeit des Bundesfinanzministers, die WSV verwaltet aber die Grundstücke, die zur Erfüllung ihrer Aufgaben benötigt werden.
Die Grundstücke der WSV werden neben ihrer Zweckbestimmung als Verkehrswege in vielfältiger Weise für öffentliche, gewerbliche und private Zwecke genutzt. Für die Nutzung dieser Grundstücke werden Nutzungs-, Gestattungs- oder Pachtverträge abgeschlossen.
Zu den Aufgaben der Liegenschaftsverwaltung gehört auch der Grunderwerb für Zwecke der WSV, insbesondere für den Ausbau und Neubau der Bundeswasserstraßen.

9 Peilwesen

9.1 Peilungen im Binnenbereich

Aufgabe des Peilwesens

Aufgabe des Peilwesens ist die Zustandsbeschreibung des Gewässerbodens. Die Kenntnis des Verlaufs der Fluss- oder Kanalsohle ist erforderlich für

- die Festlegung der Fahrrinne (Lage der Fahrrinne, Abladetiefe)
- die Verkehrssicherung (Fehltiefen)
- die Planung und Durchführung von Bauvorhaben
- die Bauwerkssicherung
- die Aufstellung von Baggerplänen
- hydrologische Untersuchungen, Berechnung von Abflussquerschnitten und Abflussmengen.

Der Verlauf der Gewässersohle wird durch Peilungen, also durch Messungen der Wassertiefe, ermittelt. Die Bedeutung der Peilungen für die Schifffahrt und weitergehende Aufgaben der WSV erfordert, dass die Peilungen mit besonderer Sorgfalt durchgeführt werden.

Ausgangspunkt für die Peilungen ist der Wasserspiegel (bei modernen Messverfahren wird die Höhe des Messschiffes durch DGPS (Differential Global Positioning System) oder durch einen Horizontallaser bestimmt, dessen Höhe zunächst zu ermitteln ist. Dies geschieht durch Pegelablesung, sofern sich ein Pegel in der Nähe befindet, oder durch ein Wasserspiegelnivellement.

Im Binnenbereich wird auf „Dezimeter-Genauigkeit“ gepeilt, d. h. alle Peilangaben erfolgen in Dezimetern. Dies ist genau genug, weil die Sohle nicht eben ist und der Wasserspiegel aufgrund des Wellenschlages ein genaueres Messen nicht zulässt.

Folgende Arten von Peilungen werden unterschieden:

- Querpeilungen
- Längspeilungen (Linienpeilungen)
- Rasterpeilungen/Flächenpeilungen

Diese Peilungen können als

- Stangenpeilungen oder als
- Echolotpeilungen

durchgeführt werden.

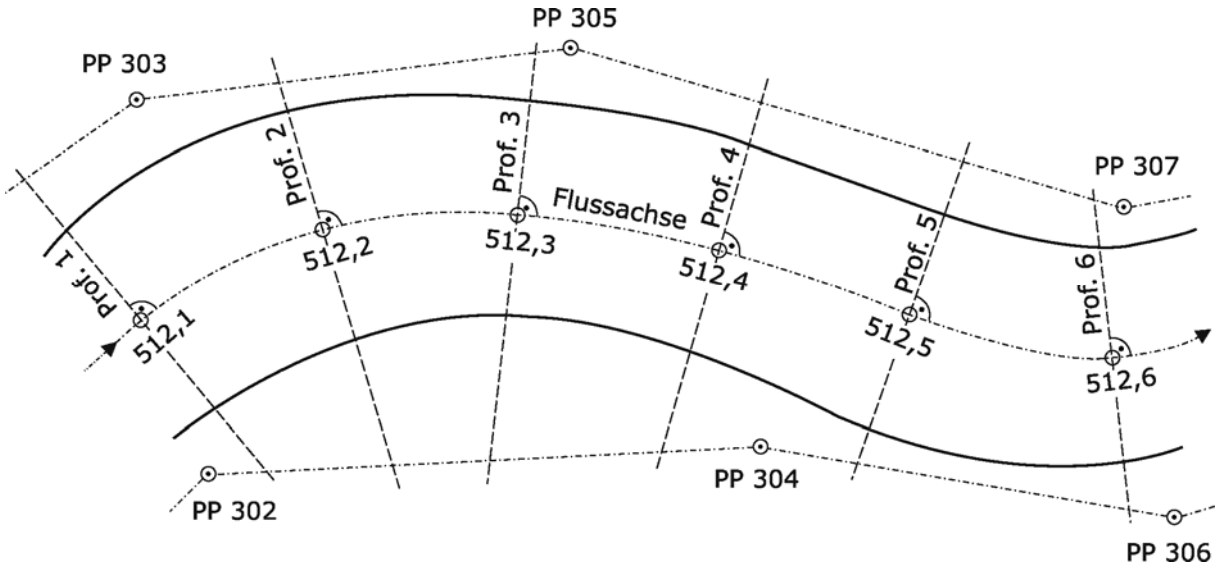
Die einzelnen Peilarten werden anhand einer Stangenpeilung erläutert.

Zum Nachweis der Freiheit von Hindernissen werden Peilrahmen eingesetzt. Diese werden in Kap. 14 erläutert.

Querpeilung

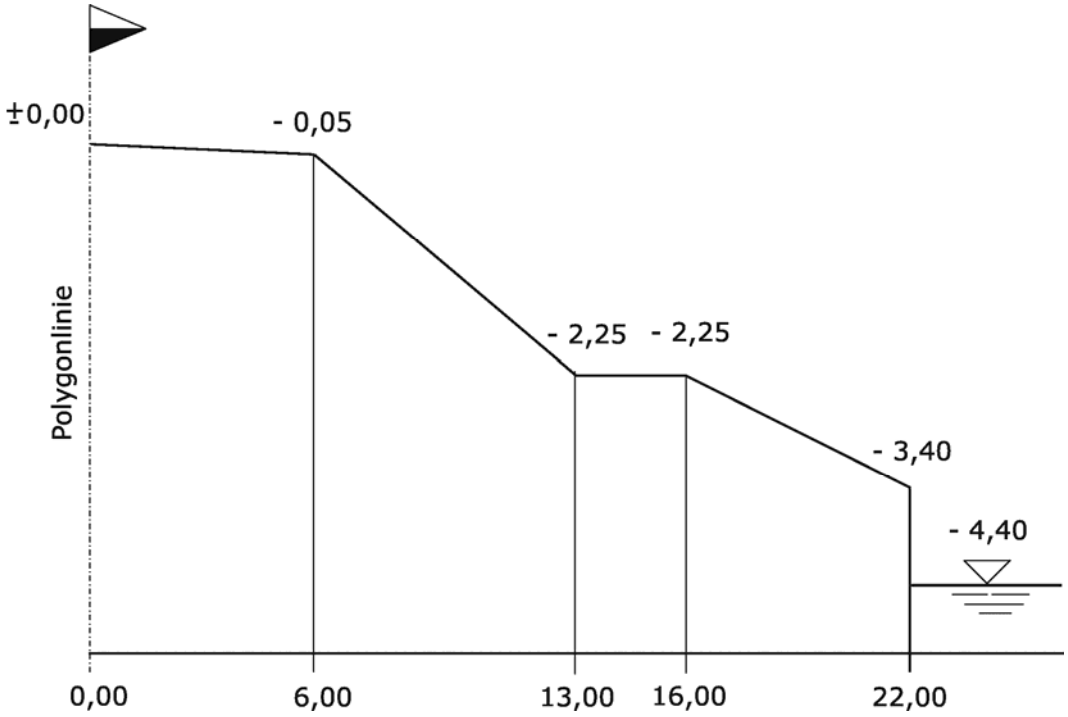
Mit einer Querpeilung wird der Sohlenverlauf von einem zum anderen Ufer festgestellt. Diese Peilung wird in der Regel rechtwinklig zur Gewässerachse durchgeführt. Sie ermöglicht die Darstellung des Querprofils durch einen Fluss oder Kanal.

Das Profil wird in der Fluss- oder Kanalkarte festgelegt. Es wird an beiden Ufern in das Polygon- oder Hektometersteinnetz eingebunden. Aus diesen Werten kann das Profil in der Örtlichkeit ausgesteckt werden (Bild 9-1).



9-1 Festlegung des Profils

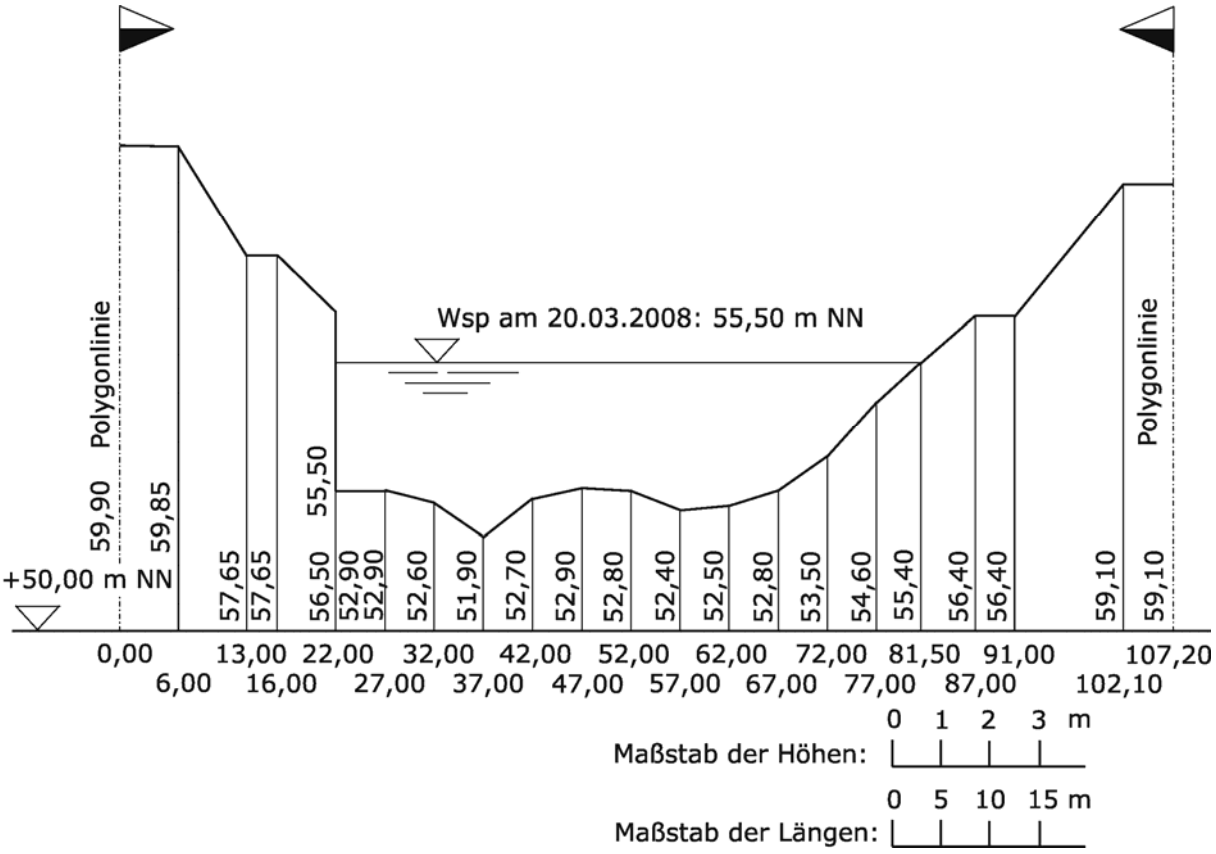
Gleichzeitig mit der Durchführung der Peilung im Fluss oder Kanal sind an beiden Ufern Uferanschlussprofile aufzunehmen. Diese Landanschlüsse werden nach Höhen und Längen aufgemessen (Bild 9-2).



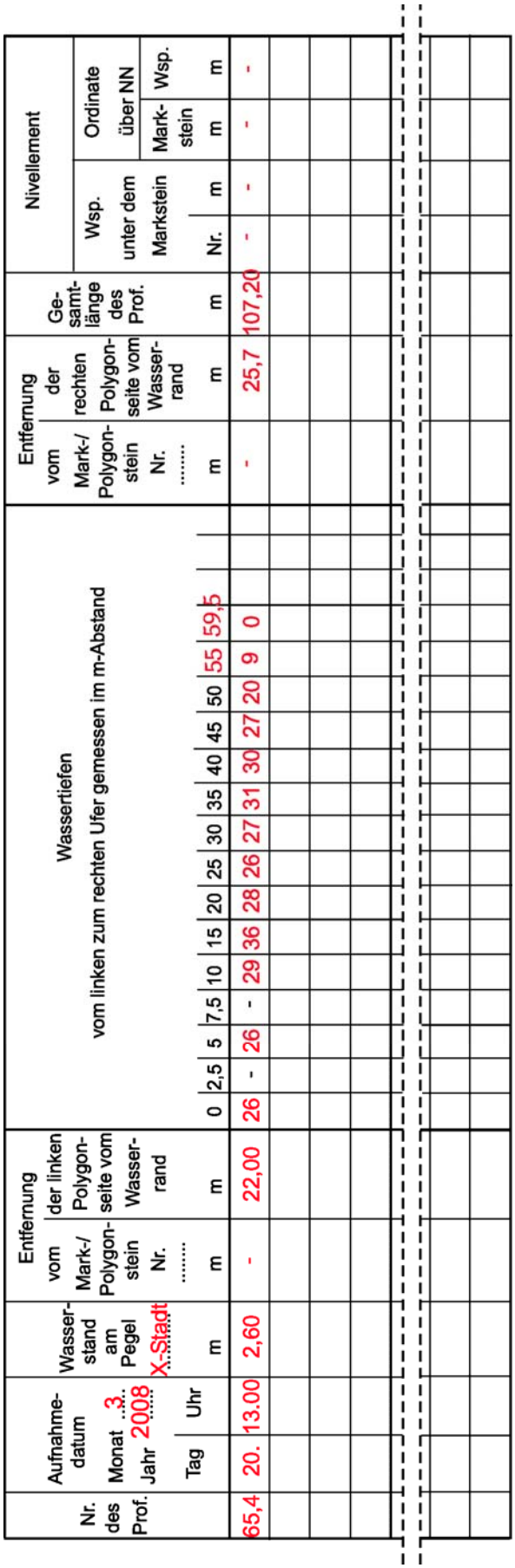
9-2 Uferanschlussprofil des linken Ufers bei km 65,4 (Handskizze)

Nun kann die Querpeilung durchgeführt werden. Hierzu benötigen wir eine Peilwinde mit einem markierten Peildraht in Abständen von 1,00 m, 2,00 m, 2,50 m oder 5,00 m, einen Handkahn und eine Peilstange oder ein Peillot (Dezimeter-Einteilung).
Da in der Regel vom linken zum rechten Ufer hin gepeilt wird, ist die Peilwinde am rechten Ufer aufzustellen und festzusetzen. Der Peildraht wird nun zum linken Ufer gefahren und dort so befestigt, dass der Nullpunkt an der Wasserlinie liegt.

Mit einem Handkahn wird vom linken zum rechten Ufer am Peildraht entlanggefahren. Bei den jeweiligen Messpunkten auf dem Peildraht wird die Wassertiefe mit der Peilstange oder dem Peillot in dm gemessen und die Messergebnisse werden in das Peilbuch oder die Peilliste (Bild 9-4) eingetragen.
Die Wasserspiegellage ist während der Peilung ständig zu überwachen.
Bei der Durchführung der Peilung ist auf den Schiffsverkehr Rücksicht zu nehmen.
Nach der Auswertung der Peilergebnisse mit der erforderlichen Umrechnung auf NN-Höhen können die Querprofile (Bild 9-3) gezeichnet werden.



9-3 Querprofil bei Fluss-km 65,4



Nr. des Prof.	Aufnahmedatum Tag	Uhr	Wasserstand am Pegel m	Entfernung vom Mark-/Polygon-stein Nr. ..... m	Entfernung der linken Polygonseite vom Wasserrand m	Wassertiefen vom linken zum rechten Ufer gemessen im m-Abstand 0	2,5	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55			Entfernung vom Mark-/Polygon-stein Nr. ..... m	Entfernung der rechten Polygonseite vom Wasserrand m	Gesamtlänge des Prof. m	Nivellement: Wsp. unter dem Markstein Nr.	Wsp. m	Ordinate über NN: Markstein m	Ordinate über NN: Wsp. m
65,4	20.	13.00	2,60	-	22,00	26	-	26	-	29	36	28	26	27	31	30	27	20	9	0	59,5	-	25,7	107,20	-	-	-	-

Monat 3.
Jahr 2008
X.Stadt

9-4 Peilliste (handschriftliche Eintragungen in Rot)

Längspeilung

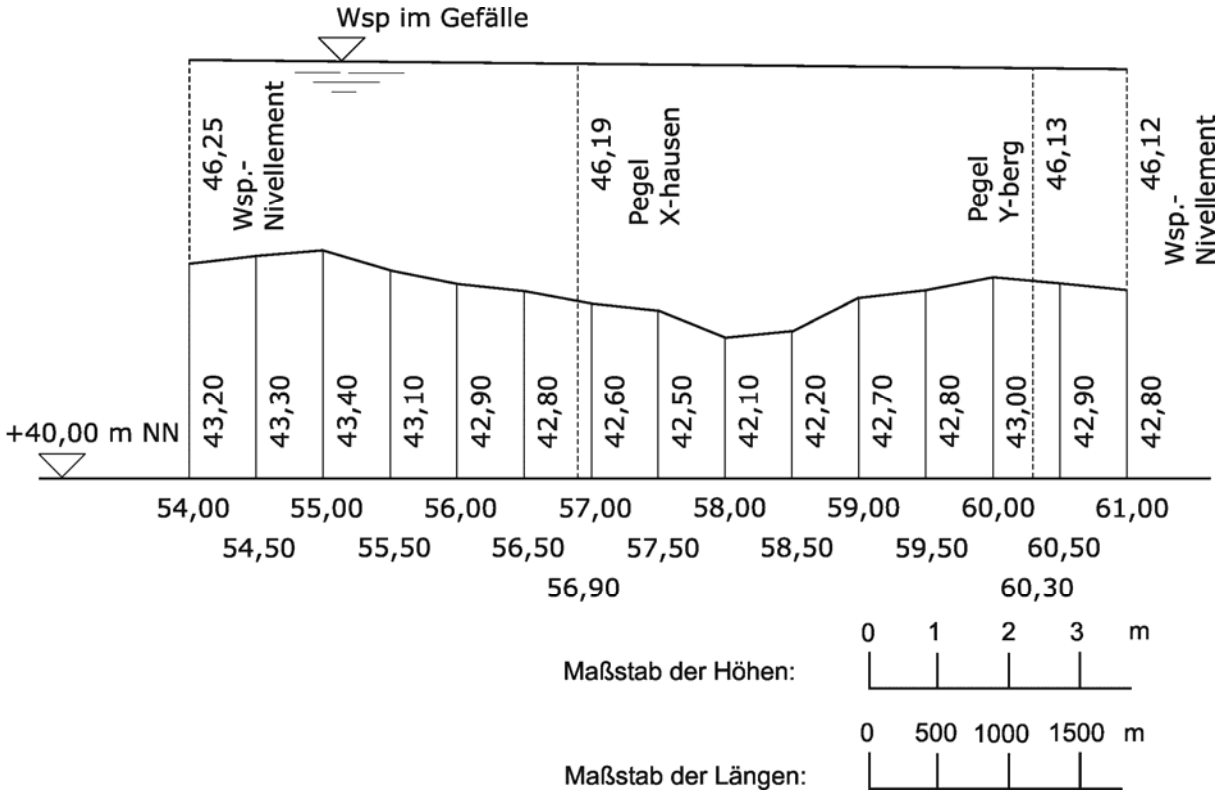
Die Längspeilung wird zur Feststellung des Sohlenverlaufs oder zur überschlägigen Überprüfung der Fahrrine über größere Entfernungen durchgeführt. Sie bringt wegen der großen Abstände der Peilstiche in Längsrichtung keine exakten Aussagen. Bei Feststellung von Fehltiefen sind dann die genaueren Querprofile aufzunehmen. Die Längspeilung erfolgt in der Mitte des Gewässers und evtl. zusätzlich an den Fahrrinnenrändern.

Bei dieser Peilung ist auf die genaue Ermittlung bzw. Einhaltung des Abstandes zum Ufer zu achten.

Der Abstand der Peilstiche richtet sich nach der Bedeutung der Peilung. Die Abstände werden am Ufer durch Hektometersteine und Fluchtstäbe markiert.

Während der Längspeilung sind alle in dem Bereich liegenden Pegel abzulesen.

Nach der Auswertung mit Umrechnung auf NN-Höhen können die Längsprofile gezeichnet werden (Bild 9-5).



9-5 Längsprofil

Rasterpeilung/Flächenpeilung

Eine Rasterpeilung wird zur genauen Feststellung der Sohlenverhältnisse bestimmter Wasserflächen (z. B. in Häfen oder als Brückenpeilung im Bereich der Pfeiler) durchgeführt. Hierzu wird ein dichtes Netz von Peilstichen über die Wasserfläche verteilt.

Flächenpeilungen werden heute mit modernen Flächenpeilsystemen durchgeführt, die mindestens fünf Messpunkte pro m^2 erzeugen und daraus ein digitales Geländemodell entwickeln.

Echolotpeilungen

Für Peilungen wird seit Jahrzehnten das Echolot verwendet.

Um ein Koordinatentripel (x,y,z) der Flusssohle zu gewinnen, müssen laufend folgende Messungen ausgeführt und einander zugeordnet werden:

- Tiefenmessung vom Messchiff aus
- Lagemessung (Positionierung) des Messschiffes
- Höhenmessung des Messschiffes bezogen auf NN.

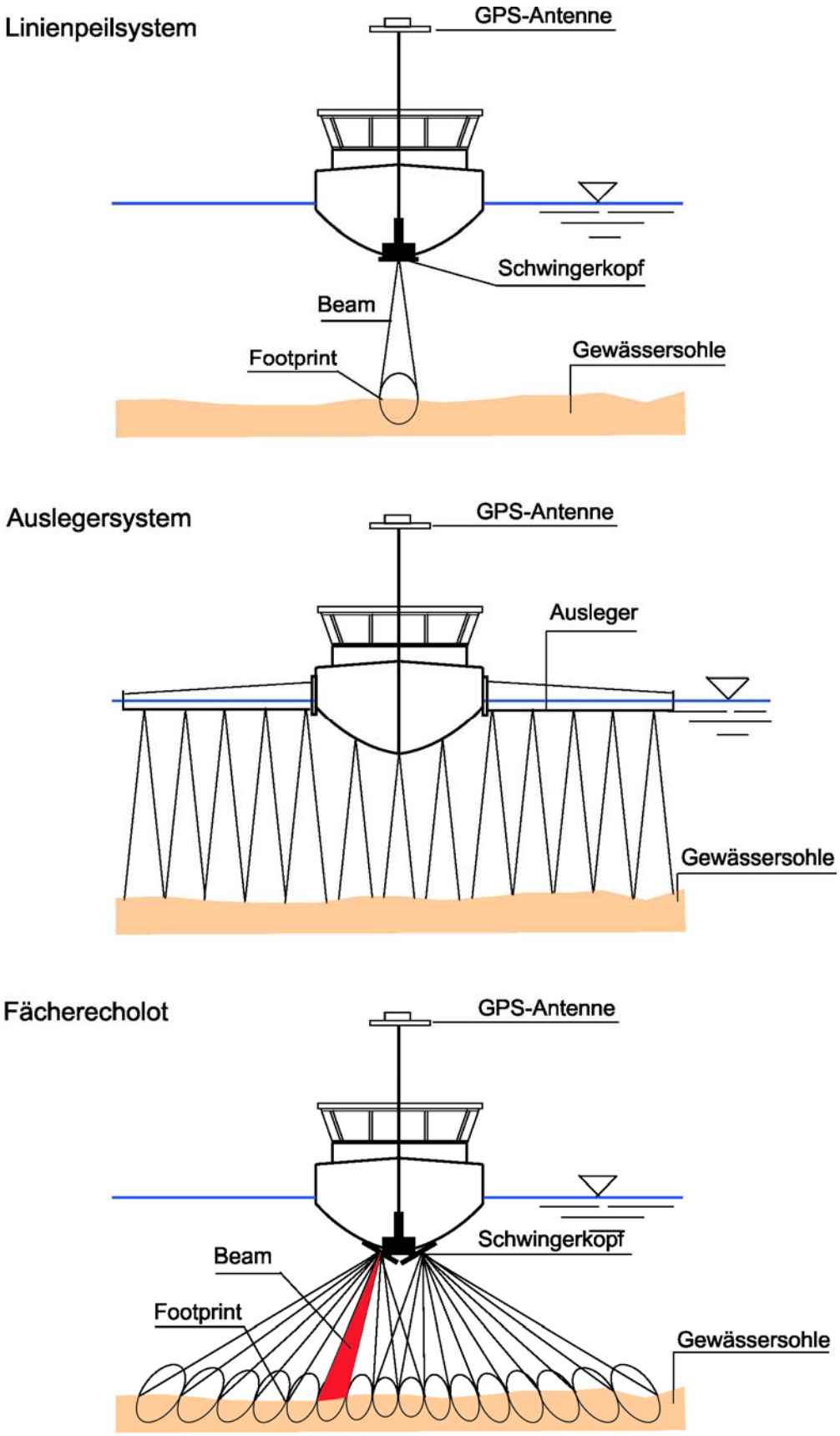
Tiefenmessung
Das Echolot strahlt von einem Schwingerkopf (Sender) Ultraschallwellen senkrecht gegen die Gewässersohle, die von dort reflektiert werden und den Schallempfänger treffen. Die Zeit zwischen dem Aussenden eines Impulses und dem Eintreffen des Echos wird vom Gerät gemessen und in eine Entfernung umgerechnet. Die Tiefe kann auf der Skala eines Echolotgerätes abgelesen werden, bei einem Echographen wird die Wassertiefe in Verbindung mit einer Streckenmessung aufgezeichnet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Echolot die Entfernung zwischen dem am Boden des Bootes angebrachten Sender bzw. Empfänger misst.

Tiefenmessung mit Linienpeilsystemen
Beim Linienpeilsystem besitzt das Schiff nur einen Schwinger. Bei dieser Einzelstrahlmessung werden Linien in Längs- oder Querrichtung gepeilt (Bild 9-6).

Tiefenmessung mit Flächenpeilsystemen
Mit Flächenpeilsystemen wird die gesamte Gewässersohle erfasst. Unterschieden wird zwischen Mehrfachschwingern und Fächerecholoten.
Mehrfachschwinger verfügen über ein Auslegersystem (Bild 9-6). Dabei sind mehrere Einzelschwinger an zwei Auslegerarmen an beiden Seiten des Schiffes angebracht. Der Abstand zwischen den Schwingern beträgt in der Regel 1 m.
Fächerecholote (Bild 9-6) verfügen über ein oder zwei Schwinger im Bug, die fächerartig mehrere Messstrahlen gleichzeitig aussenden. Ein Fächer von schrägen Einzelmessungen ermöglicht eine flächenhafte Abdeckung des Peilgebietes. Die Überdeckung beträgt das 7 bis 8-fache der Tiefe unter dem Schwinger.
Das Ergebnis der Fächerecholotmessung ist ein digitales Höhenmodell, von dem Schnitte, Tiefenlinien, Volumen usw. abgeleitet werden können.
Die Peilleistung der Fächerlotmessung beträgt ca. 40 ha pro Tag. Das entspricht der Messung von einem Rheinkilometer über die gesamte Breite von 400 m mit Aufnahme der Ufer und zusätzlichen Kontrollmessungen.

Lagemessung des Messschiffes
Die Ortung des Messschiffes erfolgt mit DGPS. Bei eingeschränkter Satellitensichtbarkeit (bei steilen Ufern oder unter Brücken) wird ein Servotachymeter eingesetzt, der automatisch einen Reflektor an Bord verfolgt und die gemessenen Polarelemente zur Positionsberechnung an Bord sendet (Polarortung).

Höhenmessung des Messschiffes
Die gemessene Wassertiefe muss auf das einheitliche Bezugssystem NN gebracht werden. Dazu muss die Höhenlage des Messschiffes über NN eingemessen werden. Hierfür gibt es zwei Methoden:
- Vor Beginn der Messung wird der Wasserspiegel am Ufer einnivelliert und in mehrstündigem Abstand aktualisiert.
- Verwendung eines PDGPS-Gerätes (geodätisches GPS). Dies ermöglicht eine Genauigkeit von wenigen Zentimetern.



9-6 Messsysteme für die Tiefenmessung

Datenerfassung und Datenauswertung

Der Datenerfassung der Linienpeilsysteme dient die Software HYMAS, für die Datenerfassung der Flächenpeilsysteme wurde die Software HYDAP entwickelt. Die Auswertung erfolgt im WSA mit Hilfe der Auswerte- und Archivierungssoftware TIMPAN.

Je nach Verwendungszweck gibt es zwei Geländemodelle:

- Das Geländemodell GRID liefert eine die Höhen der einzelnen Messwerte ausgleichende (vermittelnde) Darstellung der Gewässersohle. Es ist geeignet für die Veranschlagung von Baggermengen und gewässerkundliche Daten, bei denen es auf die **mittlere** Sohlenhöhe ankommt.
- Das Geländemodell TIN enthält alle gemessenen und plausibilisierten Punkte der Gewässersohle, also auch die **höchsten**. Es ist deshalb sowohl für die Verkehrssicherung als auch für Tiefeninformationen in elektronischen Schifffahrtskarten geeignet.

9.2 Peilungen im Seebereich

Peilungen im Seebereich dienen dazu, die fortwährenden Wassertiefenänderungen festzustellen. Sie sind Grundlage für Verkehrssicherungsmaßnahmen wie z. B. die Festlegung und Betonnung der Seeschifffahrtsstraßen und der Gefahrenstellen, für Baggerungen und hydrologische Untersuchungen.

Die Peilergebnisse werden in Form von Peilkarten und als digitale Werte den Nutzern zur Verfügung gestellt. Außerdem erhält das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) die Daten als Grundlage für das Seekartenwerk.

Peilungen werden vorwiegend als Linienpeilungen mit einem Einstrahlecholot durchgeführt, die eine Fläche gleichmäßig abdecken. Bei der Tiefenaufnahme an Bord wird das Tiefenprofil auf einem Echogramm aufgezeichnet.

Die Positionsbestimmung des Peilortes wird mit dem satellitengestützten DGPS ausgeführt.

Ein Fächerecholot wird bei Peilungen verwendet, wenn eine höhere Datendichte erforderlich ist, z. B. bei Bauwerkspeilungen, Hafen- und Baggerpeilungen oder Detailaufnahmen.

Die Auswertung der auf Datenträger überspielten Daten und der Echogrammaufzeichnungen wird vom Peilbüro des WSA vorgenommen. Die Ergebnisse liegen meist innerhalb einer Woche vor. Die Peilungen einiger Wasserstraßen (z. B. des Elbe-Fahrwassers) werden sofort ausgewertet und am folgenden Tag den Bedarfsträgern zugeleitet.

Für die Auswertung der Peilungen müssen die Daten der an einer bestimmten Position gemessenen Wassertiefen auf einen einheitlichen Horizont bezogen werden. An der Ostsee wird der mittlere Wasserstand als Bezugshorizont benutzt, bei Gewässern mit einem Tidehub größer als 30 cm – also in der Nordsee – gilt ab 2005 das niedrigste astronomische Niedrigwasser (Lowest Astronomical Tide, LAT) als Bezugsfläche. Bis Ende 2004 war das Seekartennull (SKN) die maßgäbliche Bezugsfläche, dessen Niveau in der Nordsee gleich der Höhe des mittleren Springniedrigwasser (MSpNW) war. Das LAT im Bereich der deutschen Nordseeküste liegt etwa 50 cm unterhalb des MSpNW, die Tiefenangaben in der neuen Seekarte werde daher kleiner.

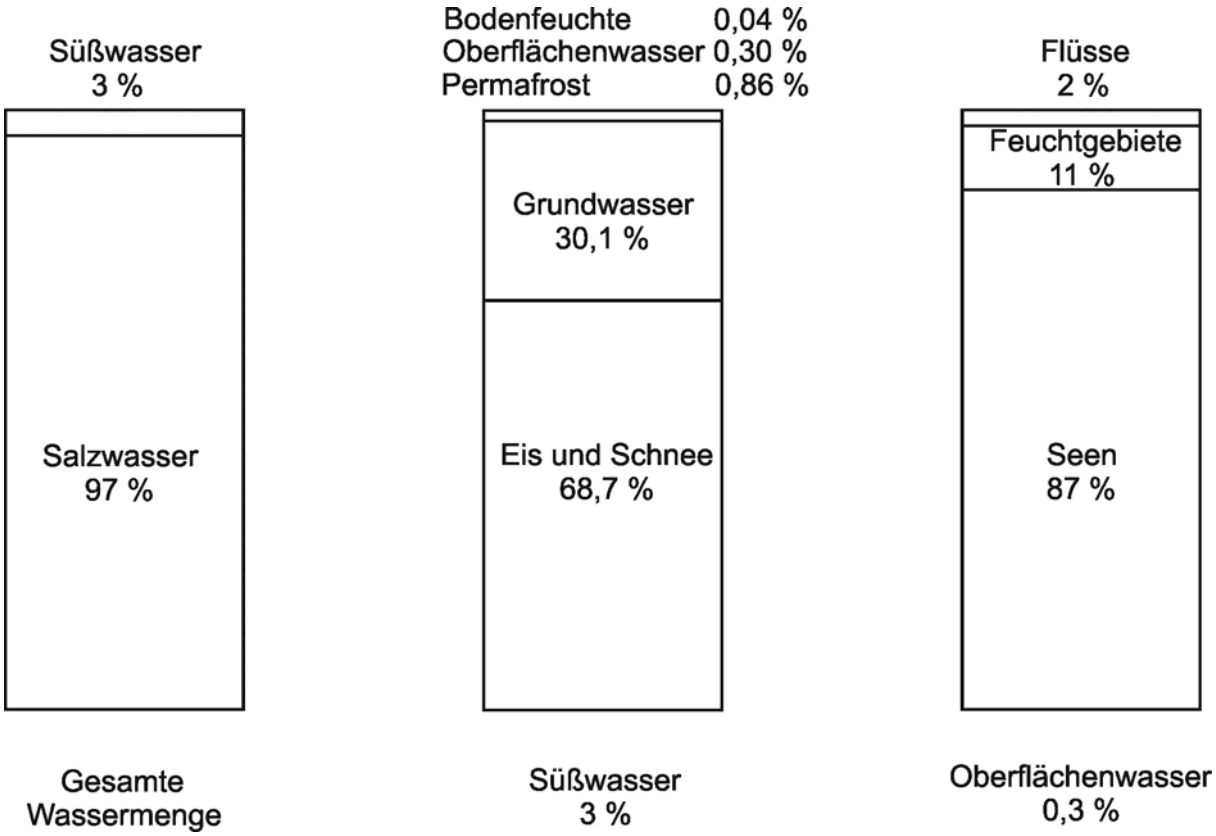
Für die Reduktion der gemessenen Wassertiefen auf den Bezugshorizont werden die Wasserstände eines im Messgebiet befindlichen Pegels herangezogen. Das Ergebnis der Peilung ist ein Plan mit Tiefenangaben.

10 Gewässerkundliche Messungen

10.1 Grundlagen

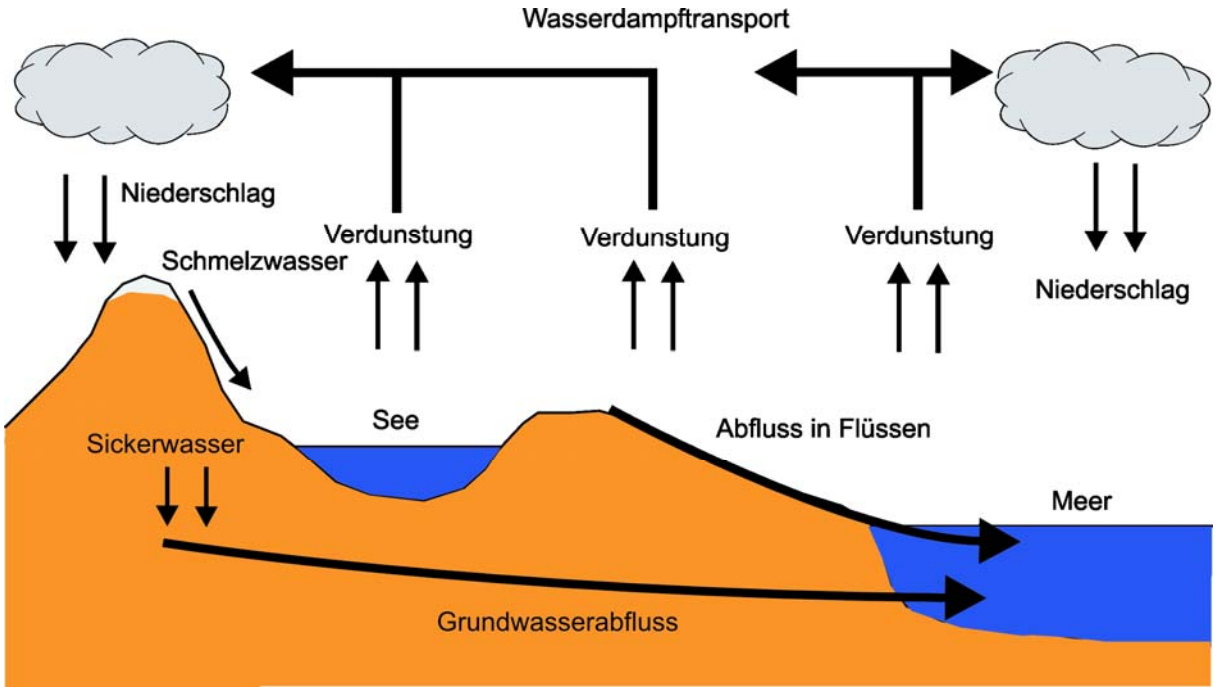
Wasser ist die wichtigste Ressource, die auf vielfältige Weise genutzt wird. Es dient als Brauch- und Trinkwasser, der Bewässerung, der Energieerzeugung, der Fischerei, als Transportweg und nicht zuletzt zur Freizeitnutzung.

Die Erdoberfläche ist zu etwa 75 % mit Wasser bedeckt, von denen 71 % auf die Weltmeere, 3 % auf Eisflächen und 1 % auf Seen und Flüsse entfallen. Die gesamte Wassermenge besteht zu 97 % aus Salzwasser, das Süßwasser verteilt sich auf Eis und Schnee, das Grundwasser, den Permafrost, die Bodenfeuchte und das Oberflächenwaser sowie die Atmosphäre (0,001 %) (Bild 10-1).



10-1 Verteilung der Gesamtwassermenge, des Süßwassers und des Oberflächenwassers auf der Erde

Das Wasser auf der Erde befindet sich in einem Kreislauf, der durch die Sonne und die Schwerkraft der Erde aufrechterhalten wird. Durch die Sonneneinstrahlung verdunstet das Wasser vom Boden, von Pflanzen, Flüssen, Seen und Meeren. Der dabei entstehende Wasserdampf gelangt in die Atmosphäre. Der Wasserdampf kondensiert und fällt als Niederschlag (Regen, Hagel, Schnee) wieder auf das Land und die Wasserflächen zurück. Der Niederschlag verdunstet zum Teil, ein Teil fließt in Bäche und Flüsse und gelangt so ins Meer, ein weiterer Teil versickert in den Boden. Das versickerte Wasser reichert das Grundwasser an, von dem ein Teil in Bäche und Flüsse abfließt. Mit der Verdunstung beginnt dann der Kreislauf von Neuem (Bild 10-2).



10-2 Kreislauf des Wassers

Durch Niederschlag, Abfluss und Verdunstung ändert das Wasser seinen Aggregatzustand, es wird in der Atmosphäre, im Boden und in Gewässern gespeichert und transportiert. Von besonderer Bedeutung ist, dass das Wasser während des Kreislaufs einen Reinigungsprozess durchläuft.
Für den Wasserbau ist vor allem der oberirdische Abfluss des Niederschlagswassers von Interesse. Die Speisung eines Gewässers ist abhängig von dem Einzugsgebiet. Das Einzugsgebiet ist das Gebiet, aus dem das Wasser ober- und unterirdisch einem Fließgewässer zufließt. Wir unterscheiden daher oberirdische und unterirdische Einzugsgebiete, die wiederum durch oberirdische und unterirdische Wasserscheiden begrenzt werden.
Um die Einwirkungen einer baulichen Maßnahme auf ein Fließgewässer, also auf den Wasserkreislauf, zu beurteilen, ist die Kenntnis wichtiger Daten des Gewässers erforderlich. Daher müssen entsprechende gewässerkundliche Messungen vorgenommen und ausgewertet werden.

In der WSV werden die benötigten Daten vom gewässerkundlichen Dienst erfasst, ausgewertet und bereitgestellt. Der Schwerpunkt der Messungen liegt bei der quantitativen Gewässerkunde – insbesondere Wasserstände und Wassermengen – , um der Schifffahrt eine möglichst ausgeglichene Schiffbarkeit zu erhalten. Neben den Wasserstands- und Abflussmessdiensten werden noch regelmäßig eine Vielzahl weiterer Daten erhoben.

10.2 Pegelwesen

Wasserstände werden an Pegeln abgelesen. Wichtigste Voraussetzung für die Messung von Wasserständen und die Berechnung von Abflussmengen ist, dass alle Daten nach den gleichen Regeln erhoben und ausgewertet werden, damit eine Vergleichbarkeit untereinander gewährleistet ist.
Die ersten Regelungen für den Bau und den Betrieb von Pegeln wurden schon im Jahre 1810 verfasst, sie unterschieden sich jedoch in den einzelnen Ländern. Im Jahre 1935 wurde die erste Pegelvorschrift für das Reichsgebiet verbindlich eingeführt. Aber erst im Jahre 1978 wurde eine für den Bund und die Länder maßgebliche Pegelvorschrift von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und dem damaligen Bundesminister für Verkehr herausgegeben.

Diese neue Pegelvorschrift, die ständig überarbeitet und aktualisiert wird, besteht aus dem Stammtext mit Anlagen:

- Stammtext (Grundsätze und Tätigkeiten zur Ermittlung von Wasserstand und Durchfluss, ergänzt durch Anlagen mit detaillierten Regelungen)
- Anlage A: „Richtlinie für den Bau von Pegeln“ mit Anhang „Pegelgeräte“
- Anlage B: „Anweisung für das Beobachten und Warten der Pegel“
- Anlage C: „Anweisung für das Festlegen und Erhalten der Pegel in ihrer Höhenlage“
- Anlage D: „Richtlinie für das Messen und Ermitteln von Abflüssen und Durchflüssen“
- Anlage E: „Übertragung digitaler Daten an Pegeln – Anforderungen an Geräte und Datenübertragung“ – Empfehlung
- Anlage F: „Richtlinie für die digitale Erfassung, Speicherung und Fernübertragung von gewässerkundlichen Daten“
- Anlage G: Arbeitsschutz. Teil 2: „Richtlinie für den Bau und Betrieb ortsfester Seilkrananlagen für gewässerkundliche Zwecke, sicherheitstechnische Anforderungen“

Für den Bereich der WSV wurde aus verwaltungstechnischen Gründen und wegen der großen Anzahl der Pegel eine Gruppierung erforderlich, um die Bedeutung der Pegel zu kennzeichnen. Die Pegel werden gruppiert in:

- Gruppe a: Pegel mit erheblicher überregionaler gewässerkundlicher Bedeutung, deren Werte im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch zu veröffentlichen sind
- Gruppe b: Pegel mit überwiegend örtlicher Bedeutung, deren Werte im allgemeinen im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch nicht zu veröffentlichen sind
- Gruppe c: Sonstige Pegel. Darunter fallen z. B. die Pegel, die nicht regelmäßig abgelesen werden.

Aufgaben der Pegel

Wasserstände an oberirdischen Gewässern werden an Pegeln gemessen.

Pegel können verschiedenen Zwecken dienen. Sie werden daher errichtet als:

- gewässerkundliche Pegel
- Hochwassermeldepegel
- Schifffahrtsrichtpegel
  Dieser Pegel regelt für einen gewissen Gewässerabschnitt das Befahren dieses Streckenabschnittes. Die Wasserstände am Richtpegel haben Einfluss auf die Abladetiefe der Schiffe, die Durchfahrtshöhe von Brücken und die Begrenzung der Schifffahrt bei Hochwasser.
- Pegelgroßanzeiger
- Brückenpegel (Durchfahrtshöhenpegel)
- Bau- oder Hilfspegel
- Betriebspegel (z. B. in Schleusenkammern).

Ein Pegel besteht aus einem Lattenpegel und mindestens drei Pegelfestpunkten. Registrier- und Übertragungsgeräte sind ergänzende Einrichtungen zum Pegel.

Pegel, die nur betrieblichen Aufgaben dienen, gelten nicht als Pegel im Sinne der Pegelvorschrift.

Aktuelle Wasserstände

- dienen der allgemeinen Information der Öffentlichkeit sowie der Schifffahrt
- sind Grundlage für Melde- und Warndienste
- werden als Leitwerte für wasserbauliche Maßnahmen (z. B. Baggerungen) benötigt
- dienen dem Betrieb der Schifffahrtskanäle, Schleusen, Wehranlagen, Kraftwerke, Sperrtore/Sperrwerke, Speicherbecken, Schöpfwerksanlagen.

Wasserstände aus mehrjährigen Beobachtungsreihen bilden die Ausgangsdaten

- der hydrologischen Statistik und sind damit wesentliche Grundlage für wasserbauliche Maßnahmen
- für statistische Auswertungen. Sie geben z. B. Auskunft über Veränderungen von Wasserständen infolge klimatischer Einflüsse
- für die Bemessung von Anlagen für z. B. Hochwasserschutz, zur Erhaltung der Schiffbarkeit von Gewässern.

Einrichten der Pegel

Pegel werden so errichtet, dass sie mit dem freien Wasser unmittelbar in Verbindung stehen.

An einem Flusslauf ist ein Bereich zu wählen, in dem das Flussbett voraussichtlich keine größeren Veränderungen erfährt.

Pegel sollen nicht im Stau stehen. Sie sollen den Bereich vom niedrigsten bis zum höchsten Wasserstand umfassen.

Pegel sind so anzubringen, dass sie durch Eis, Treibzeug oder die vorbeifahrende Schifffahrt nicht beschädigt werden.

Der Ausgangspunkt (Nullpunkt) zum Messen der Wasserstände (W in cm) an einem Pegel wird als

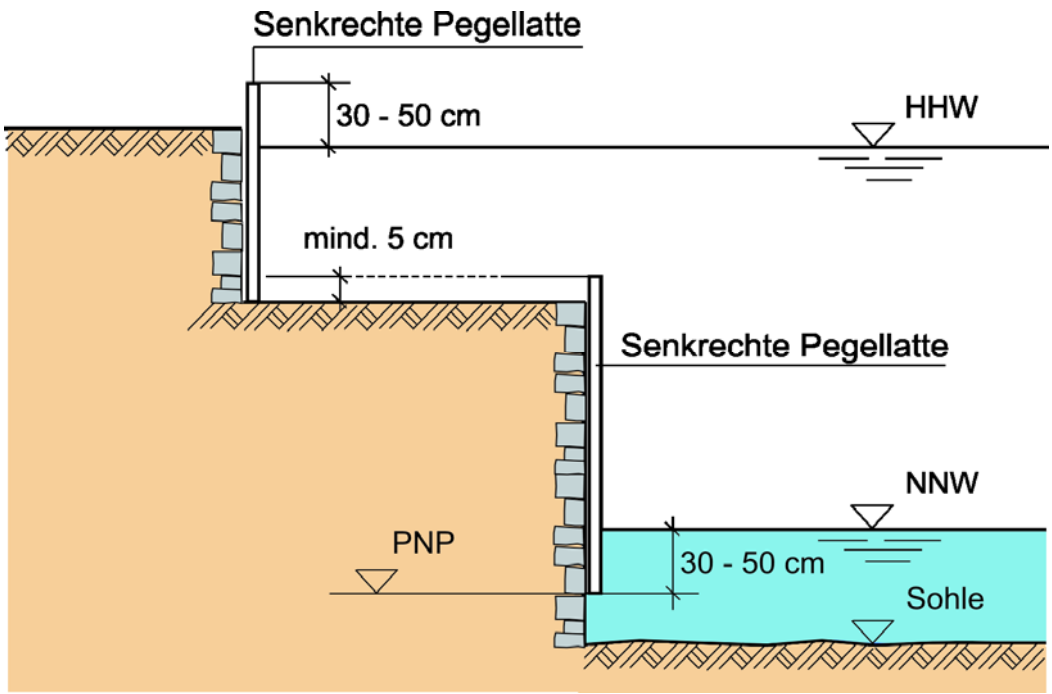
Pegelnullpunkt (PNP)

bezeichnet. Er ist über das amtliche Höhennetz an Normal-Null (NN) angeschlossen.

Die Höhe des Pegelnullpunktes ist so zu legen, dass keine negativen Wasserstände vorkommen (Bild 10-3).

Im deutschen Küstengebiet liegt der Pegelnullpunkt einheitlich auf

NN –5,00 m.

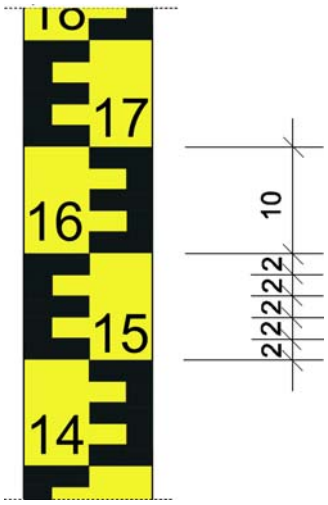


10-3 Lage des Pegelnullpunktes

Pegelarten

Senkrechter Lattenpegel

Die Pegellatte ist an einer Ufermauer, Spundwand, Mole o. ä. senkrecht befestigt. Sie besteht meist aus Metall in Form einer U-Schiene oder aus Kunststoff, zur besseren Ablesemöglichkeit meist in gelber Farbe mit schwarzer Einteilung und schwarzen Zahlen.

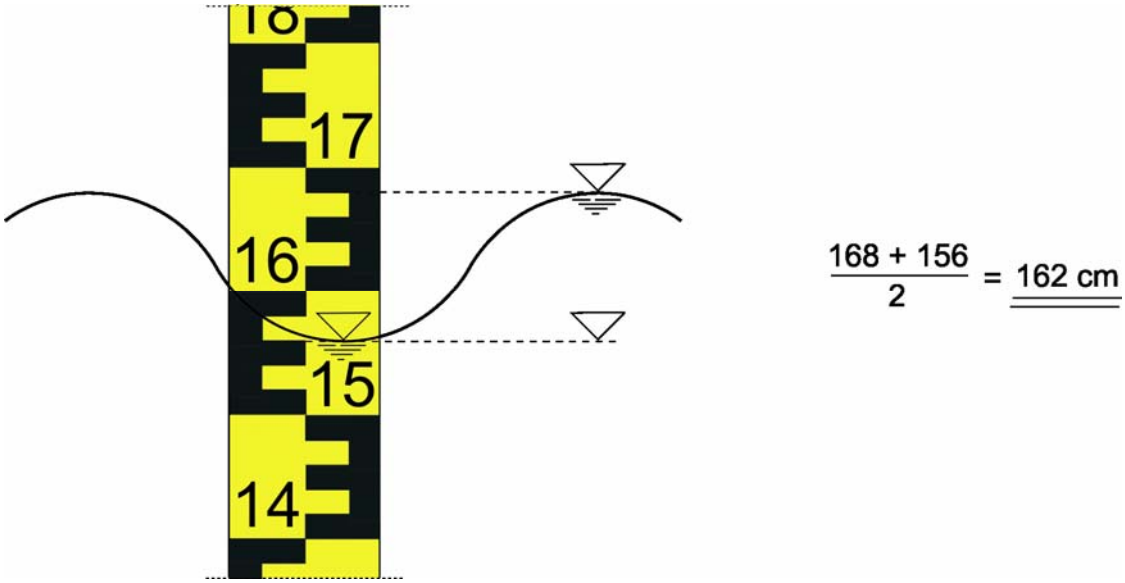


10-4 Maßeinteilung einer senkrechten Pegellatte

Lattenpegel haben in der Regel eine 2 cm-Teilung und eine weitere Unterteilung in Dezimetern in der Form eines „ **E** “ (Bild 10-4).

Um den Pegel auf einfache Weise neu streichen zu können, ist die Maßeinteilung auf der Latte oft erhaben aufgebracht.

Bei unruhigem Wasserstand werden zwei Ablesungen vorgenommen. Einmal wird der Wellenberg und einmal das Wellental abgelesen. Das Ergebnis ergibt sich aus dem rechnerischen Mittel der Ablesungen (Bild 10-5).

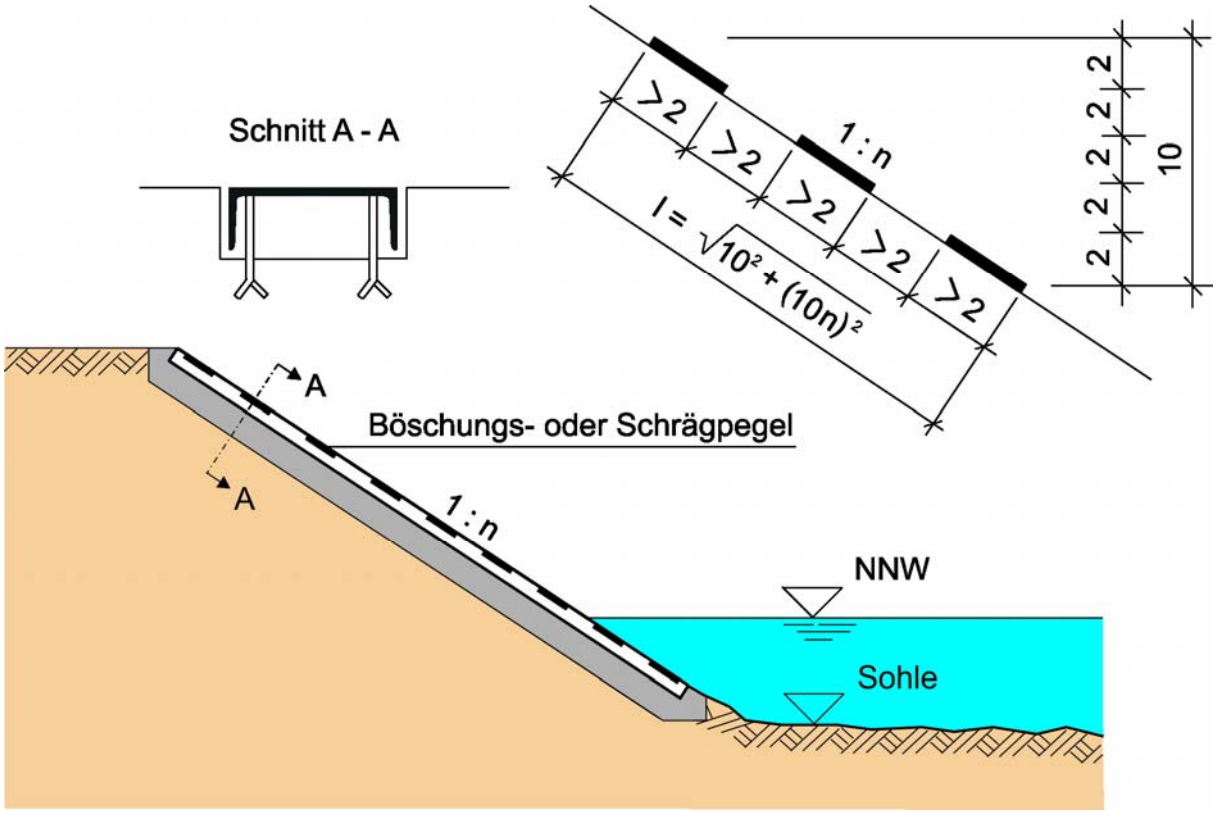


10-5 Ablesung bei unruhigem Wasserstand

Böschungs- oder Schrägpegel

Der Böschungs- oder Schrägpegel besteht aus einer flach auf der Böschung liegenden Pegellatte. Da sich die Maßeinteilung den örtlichen Verhältnissen anpassen muss, ist der Maßstab entsprechend der Neigung der Böschung verzerrt. Das Ablesen erfolgt von einer Böschungstreppe aus (Bild 10-6).

Der Böschungs- oder Schrägpegel wird gewählt, wenn keine Möglichkeit für die Anbringung einer senkrechten Pegellatte besteht. Um Beschädigungen der Pegellatte zu vermeiden, sollte für sie in der Böschung eine Nische vorgesehen werden.

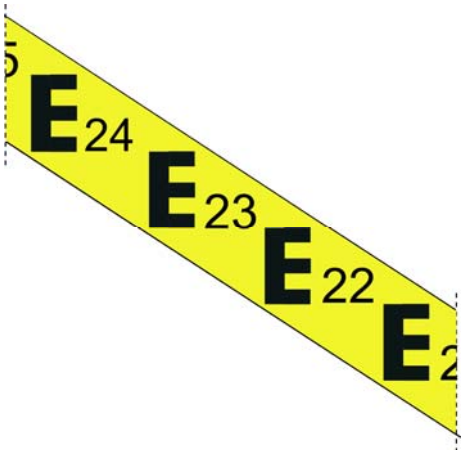


10-6 Böschungs- oder Schrägpegel

Treppenpegel

Der Treppenpegel besteht aus einer hochkant auf der Böschung stehnenden Pegellatte. Dabei steht die Dezimeterteilung „**E** “ senkrecht, und zwar immer offen zur Wasserseite. Die Maßeinteilung ist entsprechend der Böschungsneigung genau zu berechnen (Bild 10-7).

Bei diesem Pegel kann eine genauere Ablesung als beim Böschungspegel vorgenommen werden.



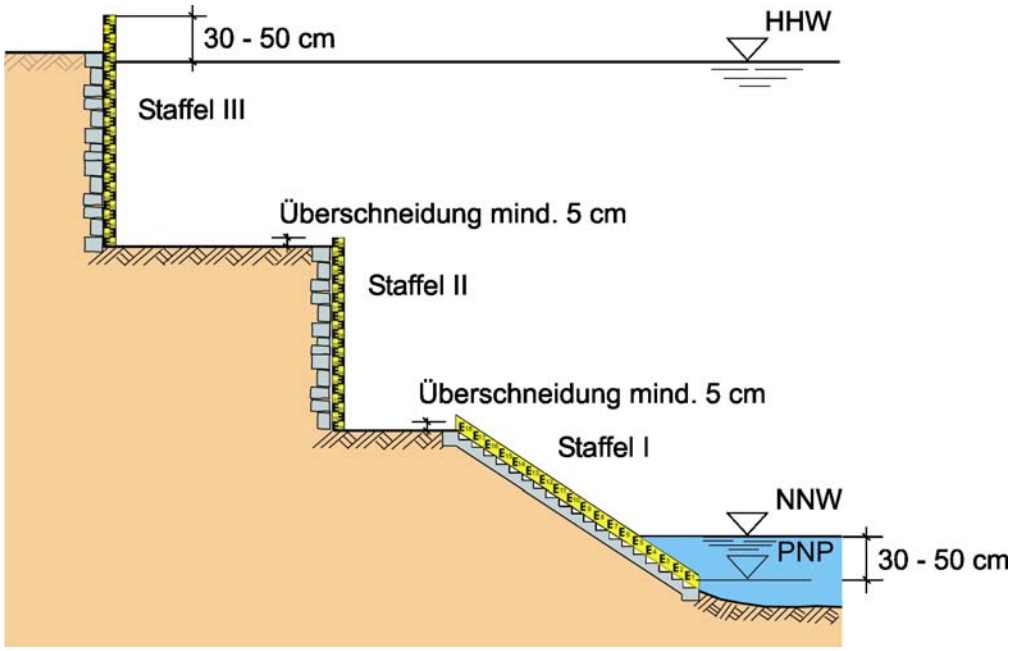
10-7 Treppenpegel

Pegelstaffel

Wenn es nicht möglich ist, alle Wasserstände von NNW bis HHW an einer Latte abzulesen, wird eine Pegelstaffel errichtet.

Eine Pegelstaffel besteht aus mehreren hintereinander angeordneten Pegellatten. Die Pegelstaffel berücksichtigt den Verlauf der Uferböschung bzw. die Art der Ufereinfassung. Sie kann also aus unterschiedlichen Arten von Pegellatten bestehen.

Die einzelnen Pegellatten müssen sich um mindestens 5 cm, besser 10 cm überschneiden, damit bei Wellengang noch korrekte Ergebnisse abgelesen werden können (Bild 10-8).



10-8 Pegelstaffel

Verfahren zur kontinuierlichen Erfassung von Wasserständen

Grundsätzlich gibt es drei Möglichkeiten, Wasserstände zu erfassen. Diese Verfahren sind

- wasserberührende Verfahren
  - Schwimmersystem
  - Tastgewicht
- Wassereintauchende Verfahren
  - Drucksonden
  - Einperlmethode
  - Leitfähigkeitspegel
  - Ultraschall
- Berührungslose Verfahren
  - Radarsensor
  - Laser
  - Kamera
  - Mikrowellen.

Die derzeit in der WSV eingesetzten Standardverfahren zur kontinuierlichen Wasserstandsmessung sind der Schwimmerschreibpegel und das Drucksystem nach der Einperlmethode. Der Radarpegel, dessen berührungsloses Verfahren eine einfache Installation ohne aufwendige Baumaßnahmen ermöglicht, befindet sich in der WSV noch in der Erprobung.

Schwimmerschreibpegel

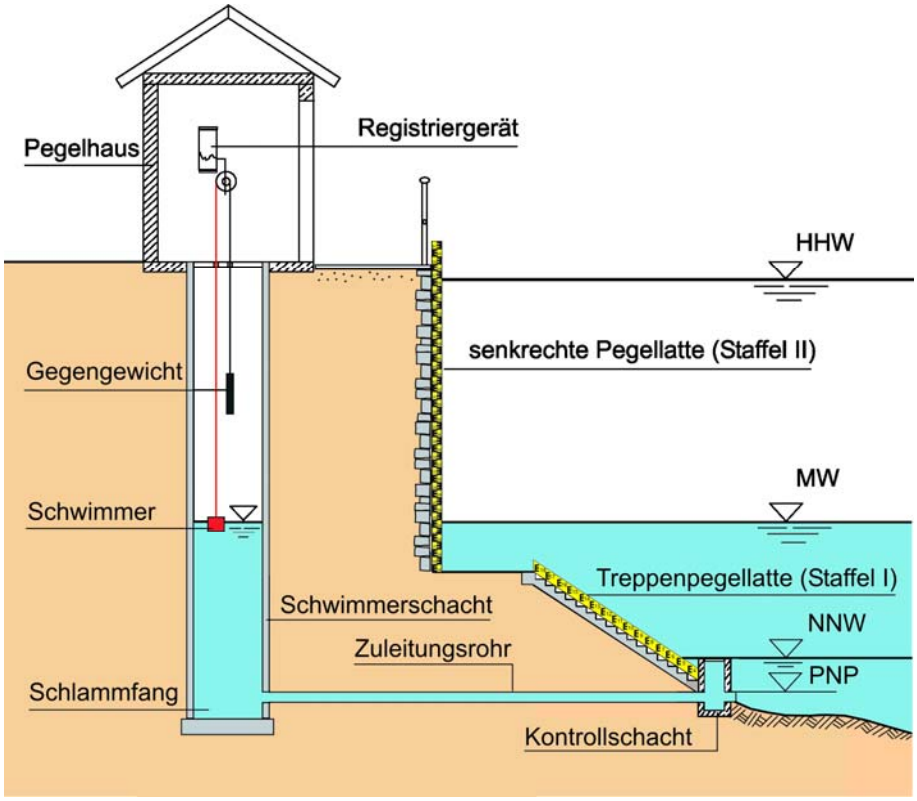
Der mechanische Schwimmerschreibpegel (Bild 10-9) arbeitet nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren. Dieses Prinzip besagt, dass der Flüssigkeitsspiegel in miteinander verbundenen Gefäßen gleich hoch steht.

Seine wesentlichen Bestandteile sind

- der Schwimmerschacht
- das Pegelhaus
- das Aufzeichnungsgerät
- der Schwimmer mit Gegengewicht
- die Zuleitung mit Kontrollschacht.

Bei der Erfassung des Wasserstandes wird der Wasserstand kontinuierlich über ein Seil, eine Kette oder ein Band auf ein Rad übertragen, dessen Drehbewegung nachgeschaltete analoge Registriereinrichtungen (z. B. Schreiber) oder elektrische Geber (z. B. Winkelcodierer, Drehmelder oder Potentiometer) antreibt.

Der Schwimmer von 20 bis 30 cm Durchmesser wird in einem Pegelschacht betrieben. Er ist damit vor Wind, Wellenschlag, Strömung und Treibzeug geschützt. Ein Schieber im Zulaufrohr zum Schacht ermöglicht eine Wellendämpfung. Der Schacht ist auch zum Reinigen durch Spülen nutzbar. Zur Straffung des Seiles (oder der Kette/des Bandes) wird in der Regel ein Gegengewicht verwendet.



10-9 Mechanischer Schwimmerschreibpegel

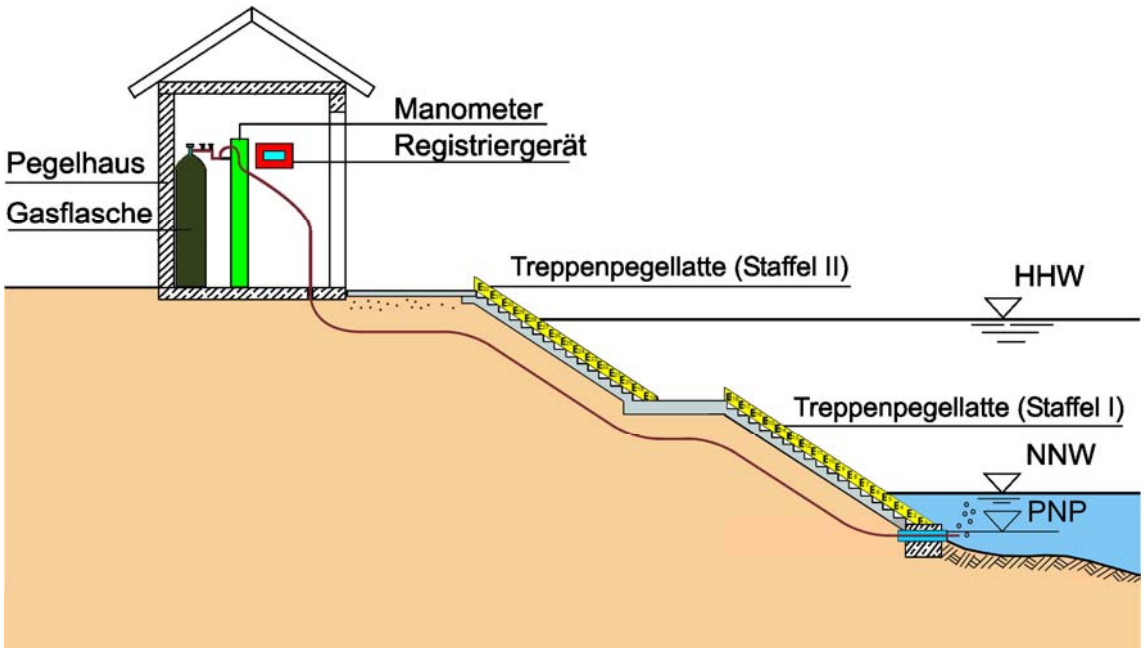
Die Messung des Wasserstandes über Schwimmer stellt in Kombination mit einem Absolutwinkelcodierer derzeit die sicherste und einfachste Methode einer kontinuierlichen Datenerfassung dar. Ein neuer Schwimmerschreibpegel erfordert allerdings einen hohen baulichen Aufwand mit hohen einmaligen Kosten.

Drucksystem nach der Einperlmethode

Bei der Einperlmethode (Bild 10-10) wird Stickstoff oder Druckluft über eine Kunststoffmessleitung in das Wasser eingeperlt. In der Messleitung stellt sich dabei ein Druck ein, der dem Druck der Wassersäule über der Einperlöffnung entspricht. Dieses System setzt voraus, dass die Messleitung ständig und ausreichend mit Gas gefüllt ist. Der wasserstandsabhängige hydrostatische Druck in der Messleitung wird auf eine im Messgerät befindliche Druckdose übertragen. Die Druckdose gibt den Druck auf das Ende eines Waagebalkens, der durch ein mit einem Servomotor getriebenen Verschiebegewicht im Gleichgewicht gehalten wird. Angekoppelte Schreiber und elektrische Geber sorgen für eine Analogregistrierung bzw. Weitergabe von digitalisierten Messwerten.

Bei neueren Geräten nach dem Prinzip der Einperlmethode findet keine kontinuierliche Lufteinperlung mittels Kompressor oder Stickstoffflasche statt. Stattdessen wird durch den Einsatz einer kleinen Kolbenpumpe zu jeder Messung eine Lufteinperlung vorgenommen.

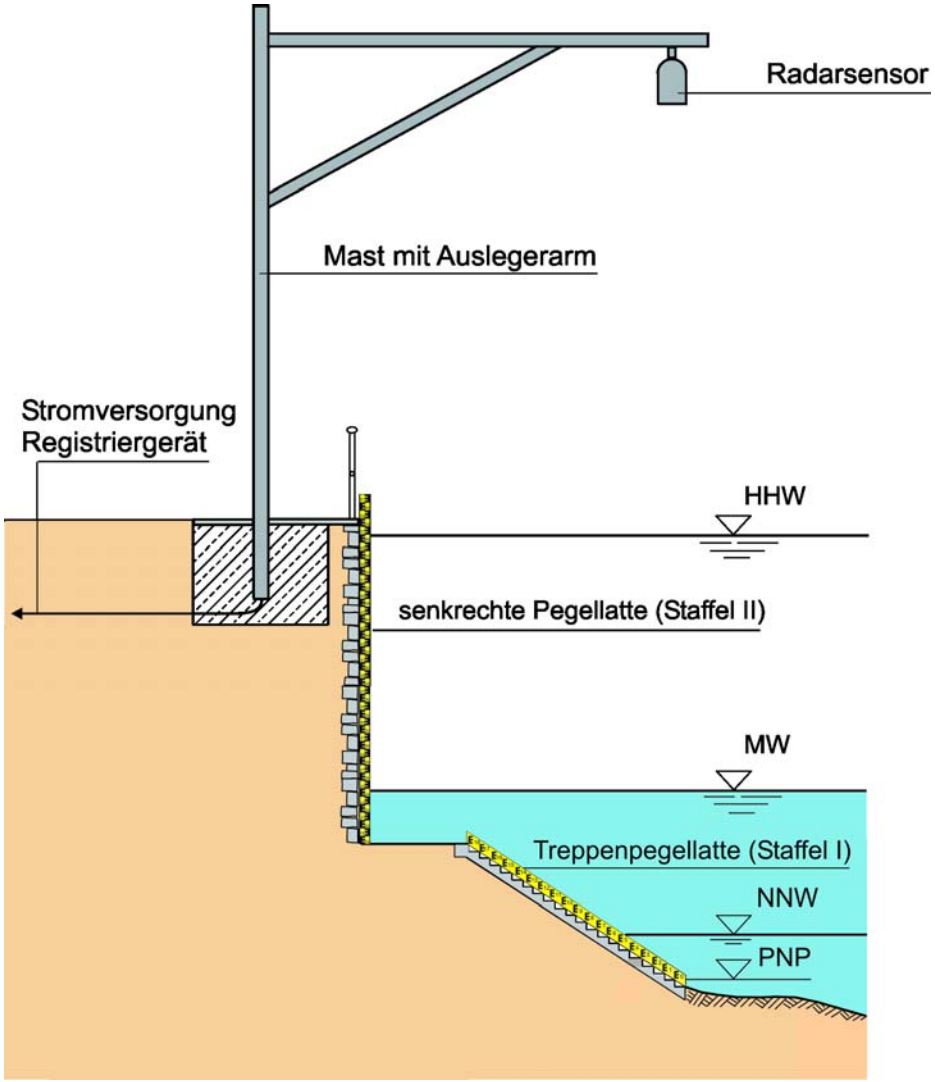
Ein Pegel nach der Einperlmethode erfordert nur geringe Bauaufwendungen. Die Messleitung kann den örtlichen Gegebenheiten längenmäßig angepasst werden. Gegenüber dem Schwimmerschreibpegel fallen erheblich geringere Baukosten an, die Unterhaltungs- und Wartungskosten sind jedoch höher, bei Versandung der Ausperlöffnung muss diese durch Tauchereinsatz gereinigt werden.



10-10 Druckluftpegel (Einperlmethode)

Radarpegel

Ein Radarsensor (Bild 10-11) ermöglicht eine berührungslose Wasserstandsmessung von Oberflächengewässern. Der Sensor wird über dem zu messenden Wasserspiegel angebracht, z. B. an einem Mast mit Auslegerarm, an Brücken oder Stegen. Die Messung des Wasserstandes erfolgt durch Mikrowellen, die senkrecht auf die Wasseroberfläche gesendet werden. Da sich der Sensor außerhalb des Wassers befindet, wird die Messung durch Verkrautung, Verschlammung oder Treibgut nicht beeinträchtigt. Die Stromversorgung kann durch einen Kabelanschluss erfogen, Akku- oder Solarbetrieb sind wegen des geringen Stromverbrauchs ebenfalls möglich. Standardisierte Schnittstellen ermöglichen die Kommunikation mit Datenfernübertagungssystemen.

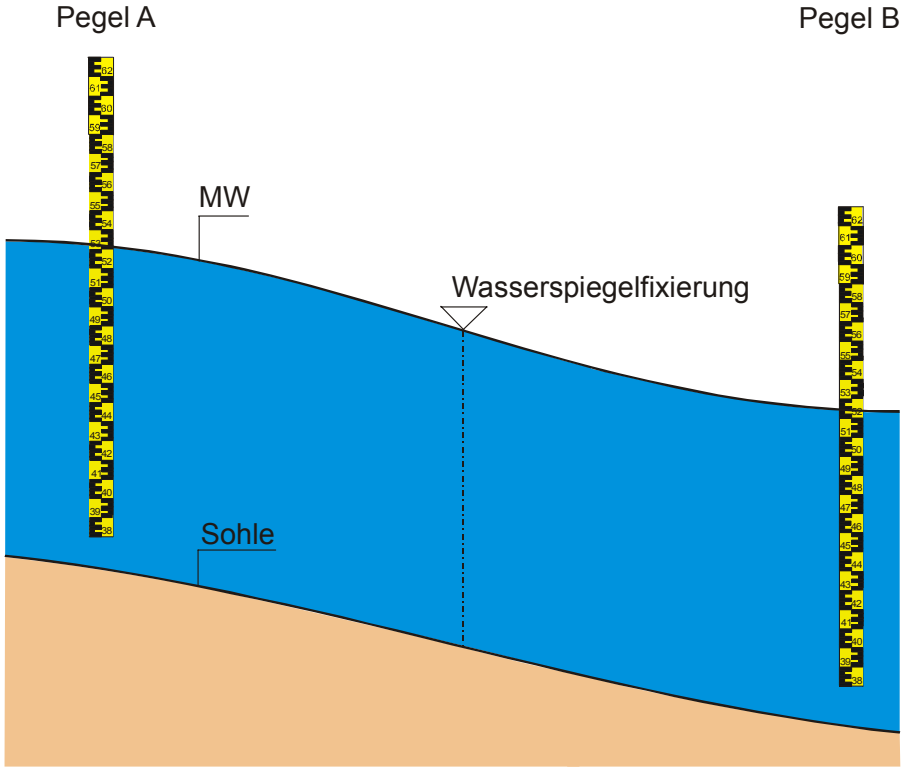


10-11 Radarpegel

Wasserspiegelfixierungen

Die Wasserspiegelfixierung (Bild 10-12) ist die Aufnahme des Wasserstandes in Längsrichtung des Flusses in möglichst geringen Abständen. Wasserspiegelfixierungen werden ausgeführt, um die Lage des Wasserspiegels in der Strecke bei den kennzeichnenden Wasserständen der Pegel zu bestimmen. Bei der Wasserspiegelfixierung ist der Wasserspiegel für den gemessenen Flussabschnitt auf einen vergleichbaren Abfluss (Beharrungsabfluss) zu beziehen.

Der Wasserspiegel wird mit einem mit GPS ausgerüsteten Boot und landgestützten Referenzstationen aufgenommen. Wenn diese Aurüstung nicht zur Verfügung steht, müssen am Ufer Pflöcke geschlagen werden, an denen der Wasserstand gekennzeichnet und nachträglich eingemessen wird.



10-12 Wasserspiegelfixierung bei Mittelwasser (überhöhte Darstellung)

Wasserstandsdatenfernübertragung (WDFÜ)

Die WDFÜ dient

- der Aufnahme
- der Fernübertragung
- der Darstellung

von Pegeldaten.

Komponenten des Systems sind:

- Messwertaufnahme
  Die Aufnahme der Messwerte erfolgt durch Pegel mit kontinuierlicher Erfassung der Wasserstandsdaten.
- Außenstation
  Die Außenstation befindet sich normalerweise am Ort der Messwertaufnahme. Ihre Aufgabe ist die Aufnahme der Rohwerte, die Berechnung der Einzel- und Mittelwerte, das Speichern der Messdaten 6 Wochen, Fernübertragen der Messwerte zur Pegeldatenzentrale, Ausgeben der Werte vor Ort (z. B. auf Großanzeigen für die Schifffahrt).
- Fernübertragung
  Die Fernübertragung erfolgt auf unterschiedlichste Art: Wechselstromtelegrafie, Standleitungsbetrieb, Anwahlbetrieb, Datenfunkmodul.
- Pegeldatenzentrale
  Aufgabe der Pegeldatenzentrale ist u. a. die Entgegennahme der Speicherwerte von den Online-Außenstationen, der Abruf und die Entgegennahme der Daten von den Anwahl-Außenstationen, die

Weitergabe der Speicherwerte an den Pegeldatenfunk und andere Stationen, die Speicherung der Messwerte, die Datenübergabe an den „Gewässerkundlichen Rechner“.

- Pegeldatenfunk
  Der Pegeldatenfunk versorgt die Schiffe und Landfahrzeuge.

Beobachten und Warten der Pegel

Als Pegelbeobachter sollen nur zuverlässige und geeignete Personen ausgewählt werden, die möglichst in der Nähe des Pegels wohnen. Wird ein Pegel nicht von Amts wegen beobachtet, so ist mit dem Pegelbeobachter ein schriftlicher Vertrag zu schließen. Die Aufgaben des Pegelbeobachters sind in einer „Anweisung“ beschrieben.
Die Hauptablesungen an Lattenpegeln ohne Registriereinrichtung erfolgen in der Regel täglich zwischen 11.00 und 13.00 Uhr.
Schifffahrtsrichtpegel werden zusätzlich um 05.00 Uhr morgens abgelesen.
Zusätzliche Beobachtungen sind bei Hochwasser durchzuführen, mit denen nach Möglichkeit auch der Hochwasserscheitel erfasst werden soll.
Schreibpegel werden wenigstens zweimal wöchentlich kontrolliert. Die erfolgte Kontrolle des Pegels soll auf dem Pegelbogen mit Zeitangabe vermerkt werden.

Die Pegelanlage ist regelmäßig durch den Außenbezirk zu warten. Wartungsaufgaben des Pegelbeobachters enthalten dessen „Anweisungen“.
Die richtige Höhenlage des Pegelnullpunktes wird wenigstens alle zwei Jahre über drei Festpunkte durch ein Nivellement mit Millimetergenauigkeit geprüft. Bei Abweichungen von 10 mm oder mehr ist eine Berichtigung des Pegels erforderlich.

Auswertung der Messdaten

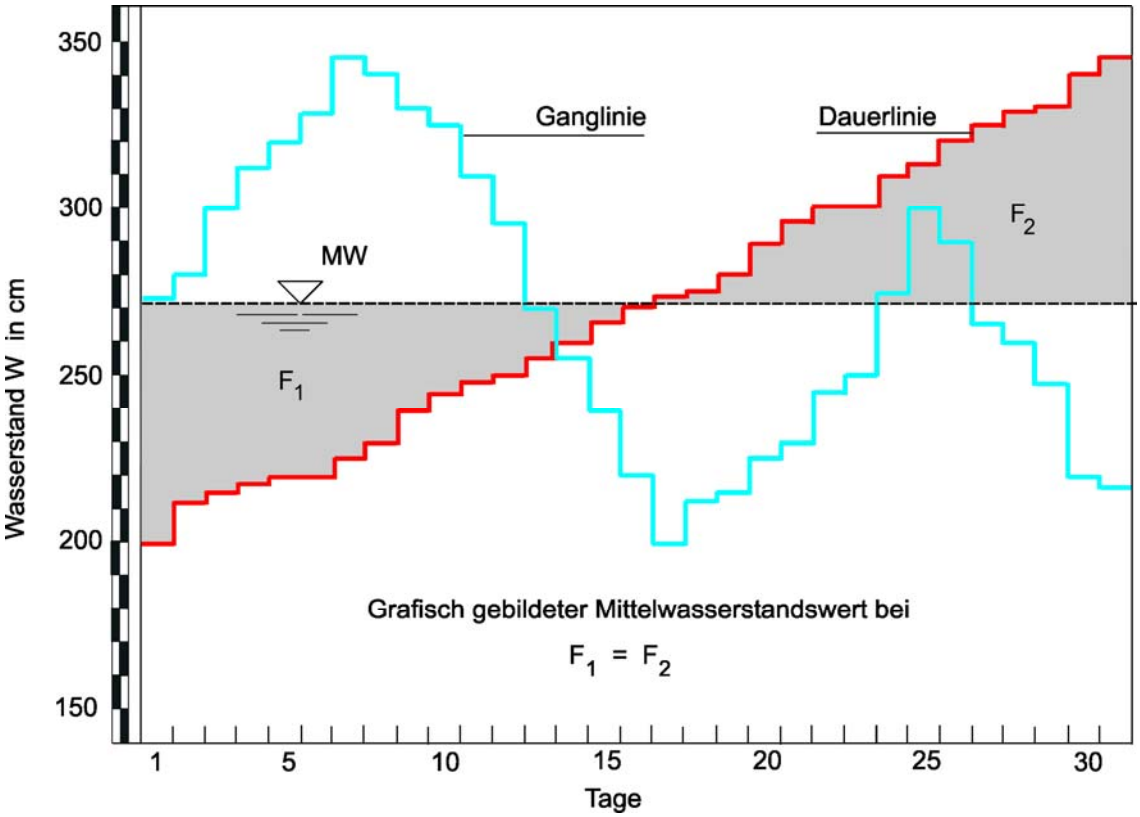
Grundlage für die Wasserstandsermittlung bildet das Abflussjahr. Es reicht vom 01. November bis 31. Oktober des folgenden Kalenderjahres.
Die beobachteten Wasserstände werden beim Wasser- und Schifffahrtsamt in Wasserstandslisten eingetragen, soweit nicht eine elektronische Auswertung der Pegelbögen stattfindet.
Der hydrologischen Statistik dienen

- die Wasserstands-Ganglinie
- die Wasserstands-Dauerlinie
- gewässerkundliche Hauptwerte.

Die Wasserstands-Ganglinie (Bild 10-13) ist die zeichnerische Darstellung der beobachteten Wasserstände in der Reihenfolge ihres zeitlichen Auftretens. Auch die Aufzeichnung auf dem Pegelbogen des Schreibpegels bezeichnet man als Ganglinie.

Die Wasserstands-Dauerlinie (Bild 10-13) stellt die beobachteten Wasserstände in der Reihenfolge ihrer Größe dar. Sie gibt an, an wieviel Tagen einer Zeitspanne ein beliebiger Wasserstand über- oder unterschritten wurde.

Die gewässerkundlichen Hauptwerte sind Grenz- und Mittelwerte der Wasserstände und der Abflüsse (Kap. 10.4).



10-13 Wasserstands-Ganglinie und Wasserstands-Dauerlinie eines Monats

10.3 Abflussmessungen

Grundlagen

Durch regelmäßige Messungen an den Abfluss-Messstellen kann den Wasserständen an dem zur Messstelle gehörenden Pegel ein bestimmter Abfluss zugeordnet werden. Darüber hinaus sind langjährige hydrologische Vergleiche nur unter Heranziehung von Abflussmessungen möglich, weil der Wasserstand durch Erosion und Ablagerungen der Flusssohle ständigen Veränderungen unterliegt.

Der Abfluss ist das Wasservolumen aus einem Einzugsgebiet, das einen bestimmten Querschnitt des Flusses, den Abflussquerschnitt, in der gegebenen Zeiteinheit durchfließt.

Die Kenntnis der in einem Fluss abfließenden Wassermenge ist wichtig für

- die Erforschung und Veränderung des Flussbettes
- die Wasserstandsvorhersage (Hochwasser)
- den Ausbau und die Unterhaltung des Flusses
- die Wasserkraftnutzung
- die Wasserentnahme für Trink- und Brauchwasser.

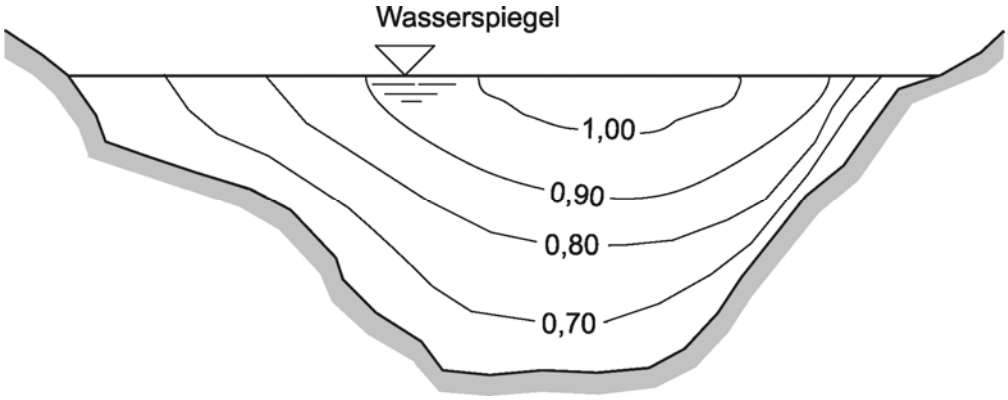
Werden bei Fließgewässern die mittlere Fließgeschwindigkeit (v in m/s) und der Abflussquerschnitt (A in m^2) gemessen, so lässt sich aus diesen Werten der Abfluss Q wie folgt errechnen:

$$\mathbf{Q\ [m^3/s] = A\ [m^2]\ x\ v\ [m/s]}$$

Q wird gemessen in Kubikmetern pro Sekunde bei größeren Gewässern,
Litern pro Sekunde bei Kleingewässern.

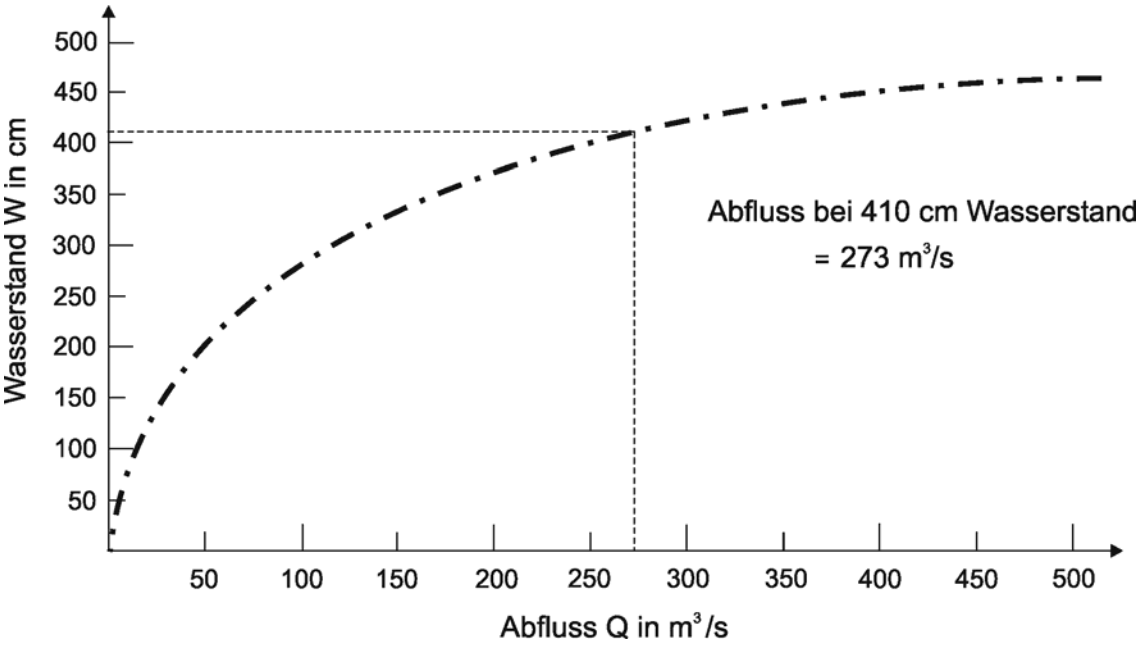
Der Abflussquerschnitt A wird durch Peilung mit anschließender Berechnung der durchflossenen Fläche ermittelt.

Die Fließgeschwindigkeit v ist abhängig von dem Wasserspiegelgefälle und der Beschaffenheit des Abflussquerschnitts (Steine und Verkrautung behindern den Abfluss). Die Fließgeschwindigkeit ist am größten im Stromstrich dicht unterhalb der Wasseroberfläche. Sie wird nach den Ufern und nach der Sohle hin geringer. Die nachstehende Abbildung (Bild 10-14) zeigt die Geschwindigkeitsverteilung im Flussquerschnitt, dargestellt durch Isotachen, Linien gleicher Fließgeschwindigkeit.



10-14 Geschwindigkeitsverteilung im Flussquerschnitt (Geschwindigkeit in m/s)

Der Abfluss wird in ausgewählten Abflussmessquerschnitten bei möglichst vielen verschiedenen Wasserständen ermittelt. Kennt man in einem Abflussmessquerschnitt den Abfluss bei verschiedenen Wasserständen, kann man für diesen Abflussmessquerschnitt eine Abflusskurve (Schlüsselkurve) (Bild 10-15) aufstellen.
Die Abflusskurve gibt an, welche Wassermenge Q bei einem bestimmten Wasserstand W abfließt.



10-15 Abflusskurve

Zu den Hauptwerten der Wasserstände gibt es entsprechende Abflüsse. Diese werden mit dem jeweiligen Wasserstand und dem Großbuchstaben Q bezeichnet (Kapitel 10.4).

In den meisten Fällen werden die Abflüsse über die mittlere Fließgeschwindigkeit v_m ermittelt.

Verfahren zur Abflussermittlung

Bestimmung der mittleren Fließgeschwindigkeit v_m

- Schwimmermessung
- Flügelmessung
  - Punktmessung
  - Integrationsmessung
- Ultraschallmessung
- Tauchstab nach Jens

Unmittelbare Abflussmessung

- ADCP-Verfahren
- Tracermethode u. a.

Schwimmermessung

Die Schwimmermessung dient nur überschlägigen Ermittlungen. Je nach Tiefe des Gewässers werden Oberflächenschwimmer, Tiefenschwimmer oder Kettenschwimmer eingesetzt. Oberflächenschwimmer bestehen aus einer Holzscheibe, einer Flasche o. ä., Tiefen- und Kettenschwimmer bestehen aus einer ins Wasser eintauchenden Konstruktion, die an einem Schwimmkörper befestigt ist.

Für die Schwimmermessung ist eine möglichst gerade, regelmäßige Flussstrecke von etwa der doppelten Länge der Flussbreite abzustecken. Die Schwimmer werden auf die ganze Breite des Flusses verteilt, sie werden mindestens 20 m oberhalb der Messstrecke eingesetzt. Die Schwimmzeit der Schwimmer wird mit einer Stoppuhr gemessen und gemittelt. Da die Oberflächengeschwindigkeit höher ist als die mittlere Geschwindigkeit, ist der Wert der Oberflächengeschwindigkeit mit einem Koeffizienten abzumindern. Dieser hängt von der Beschaffenheit der Ufer bzw. der Sohle ab; er beträgt bei größeren Flussläufen zwischen 0,8 und 0,9.

$$Q = \alpha \times \frac{l}{t} \times A$$

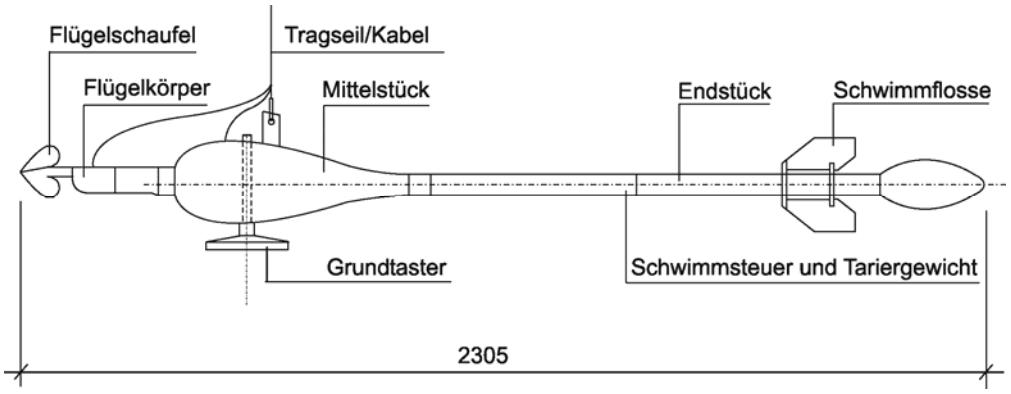
α = Proportionalitätsfaktor zwischen der Oberflächen- und der mittlerenGeschwindigkeit
l = Länge der Messstrecke
t = gemittelte Laufzeit der Schwimmer
A = durchflossener Querschnitt.

Flügelmessung

Zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit wird am häufigsten der Messflügel (Bild 10-16) eingesetzt. Er wird durch eine Flügelschaufel angetrieben, die sich je nach Fließgeschwindigkeit schneller oder langsamer dreht. Jede Flügelschaufelumdrehung löst einen Kontakt (Impuls) aus, so dass die Anzahl der Flügelschaufelumdrehungen an einem Zählgerät abgelesen werden kann. Die zugehörige Zeit wird mit der Stoppuhr gemessen. Für jede Flügelschaufel gibt es eine Eichtabelle, mit deren Hilfe aus der Zahl der Umdrehungen je Zeiteinheit die Fließgeschwindigkeit bestimmt werden kann.

Der Messflügel kann zur Messung entweder an einem Gestänge als Stangenflügel oder als Schwimmflügel eingesetzt werden.

Der Einsatz eines Schwimmflügels mit einem Messboot ermöglicht die Fließgeschwindigkeitsmessung in einem beliebigen Flussquerschnitt.
Durch Montage eines Schwimmflügels an den Ausleger eines Messwagens lässt sich unter bestimmten Voraussetzungen auch von Brücken aus die Fließgeschwindigkeit bestimmen.
Eine weitere Möglichkeit ist die Geschwindigkeitsmessung in einem festen Abflussquerschnitt mittels einer Seilkrananlage, wobei der Schwimmflügel über ein von Ufer zu Ufer gespanntes Drahtseil von einem Verschiebeseil geführt wird.

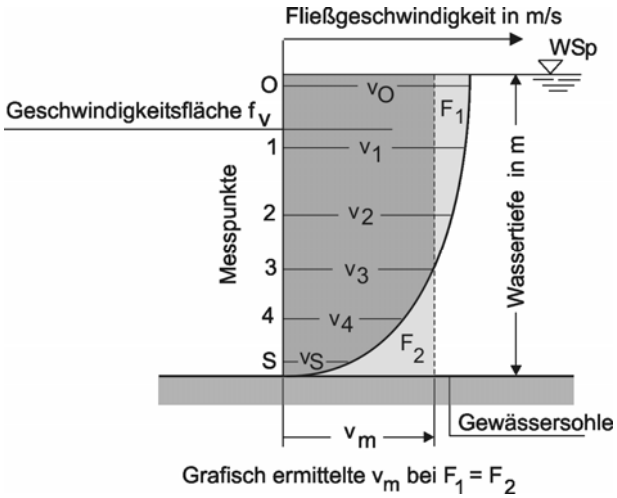


10-16 Messflügel in Schwimmflügelausrüstung (Ott-Schwimmflügel mit 100 kg-Mittelstück)

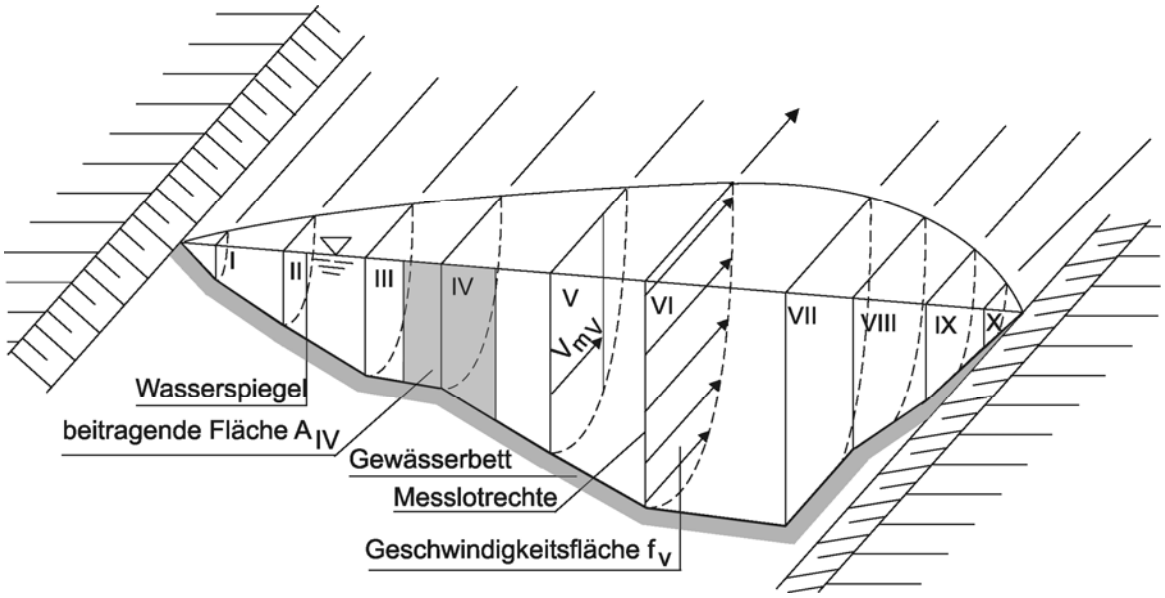
Flügelmessung als Punktmessung

Bei der Punktmessung wird in verschiedenen Messlotrechten in bestimmten Höhen (Messpunkten) gemessen (Bilder 10-17 und 10-18).
Gemessen wird möglichst dicht an der Oberfläche und dicht an der Sohle. Die weiteren Messpunkte liegen im unteren Tiefenbereich infolge der stärkeren Krümmung der Geschwindigkeitsverteilung dichter als im oberen Bereich. Aus diesen an den einzelnen Punkten gemessenen Geschwindigkeiten wird nach Abschluss der Messung die Geschwindigkeitsverteilung dargestellt. Die dargestellte Fläche ist die Geschwindigkeitsfläche, deren Flächeninhalt zu ermitteln ist.

$$v_m = \frac{f_v \text{ in } m^2/s}{\text{Tiefe in m}}$$



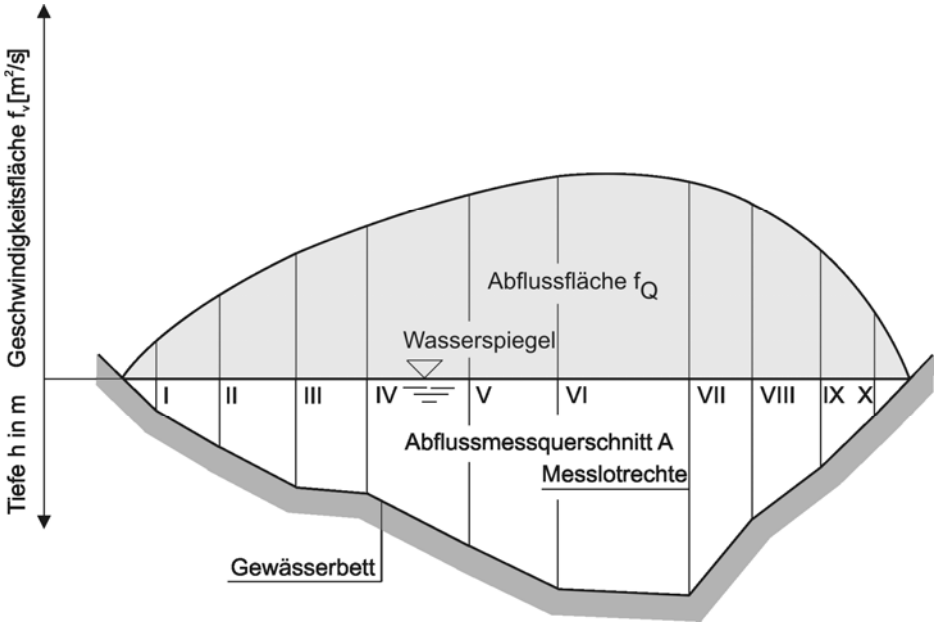
10-17 Geschwindigkeitsverteilung in einer Messlotrechten



10-18 Schematische Darstellung des Abflusses

Aus den Geschwindigkeitsflächen aller Messlotrechten wird abschließend der Abfluss Q ermittelt. Dazu werden die Geschwindigkeitsflächen, vom Wasserspiegel ausgehend, nach oben aufgetragen und die Endpunkte miteinander verbunden. Der ermittelte Flächeninhalt ergibt dann den Abfluss Q (m^3/s) (Bild 10-19).

$$\mathbf{Q = v_{mI} \times A_I + v_{mII} \times A_{II} + \ldots\ldots\ldots + v_{mX} \times A_X}$$



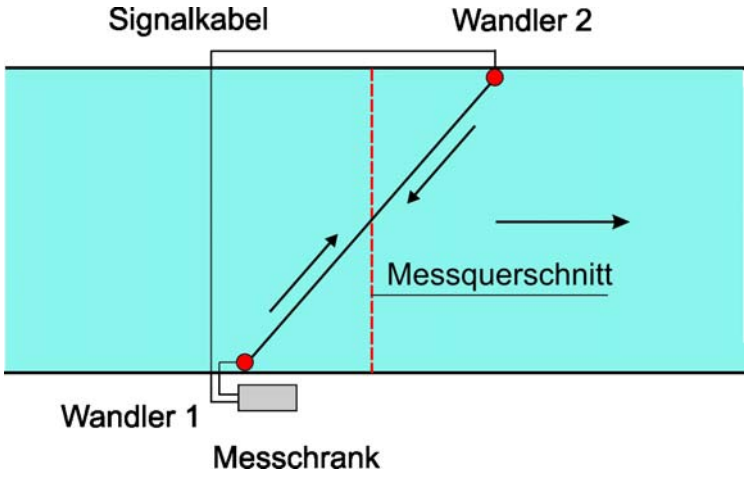
10-19 Ermittlung des Abflusses

Flügelmessung als Integrationsmessung

Bei der Integrationsmessunmg – insbesondere bei großen Wassertiefen – wird so gemessen, dass in jeder Messlotrechten der Messflügel mit gleichbleibender Geschwindigkeit von der Wasseroberfläche bis zur Sohle abgesenkt und gehoben wird. Hierbei erhält man unmittelbar die mittlere Geschwindigkeit in der Messlotrechten.

Ultraschall-Abflussmessung

Ultraschall-Messungen werden mithilfe stationärer Anlagen in Stauhaltungen mit geringen Fließgeschwindigkeiten durchgeführt. Das Messprinzip beruht auf der Messung der Laufzeitdifferenz eines akustischen Signals zwischen zwei Ultraschallgebern (Wandlern) an den gegenüber liegenden Ufern.
Die Wandler sind versetzt angeordnet, so dass eine Komponente der Schallgeschwindigkeit in Strömungsrichtung entsteht. Eine Schallwelle, die sich in einer Strömung entgegen der Durchflussrichtung bewegt, benötigt eine längere Zeit, als eine Schallwelle, die mit der Strömung wandert. Die Differenz der Laufzeiten ist proportional der Strömungsgeschwindigkeit und damit bei bekanntem Abflussquerschnitt proportional dem Durchfluss (Bild 10-20).



10-20 Ultraschall-Laufzeitanlage

Tauchstab nach Jens

Der Tauchstab kann für maximal 60 cm Wassertiefe verwendet werden.
Er ist nach dem Prinzip einer Drehmomentenwaage konstruiert. Die auf den Stab wirkenden Strömungskräfte erzeugen ein Drehmoment, das eine Auslenkung des Stabes hervorruft. Mit einem verschiebbaren Gewichtsstab wird ein Gegendrehmoment erzeugt, so dass der Stab wieder in die Lotrechte gebracht wird. Die Skala am Gewichtsstab zeigt einen dem Gegendrehmoment proportionalen Wert. Mit diesem Wert kann auf der Rechenscheibe die der jeweiligen Eintauchung entsprechende Fließgeschwindigkeit abgelesen werden. Die mittlere Geschwindigkeit wird anschließend aus einem Diagramm abgelesen.
Die Berechnung des Abflusses entspricht der der Flügelmessung.

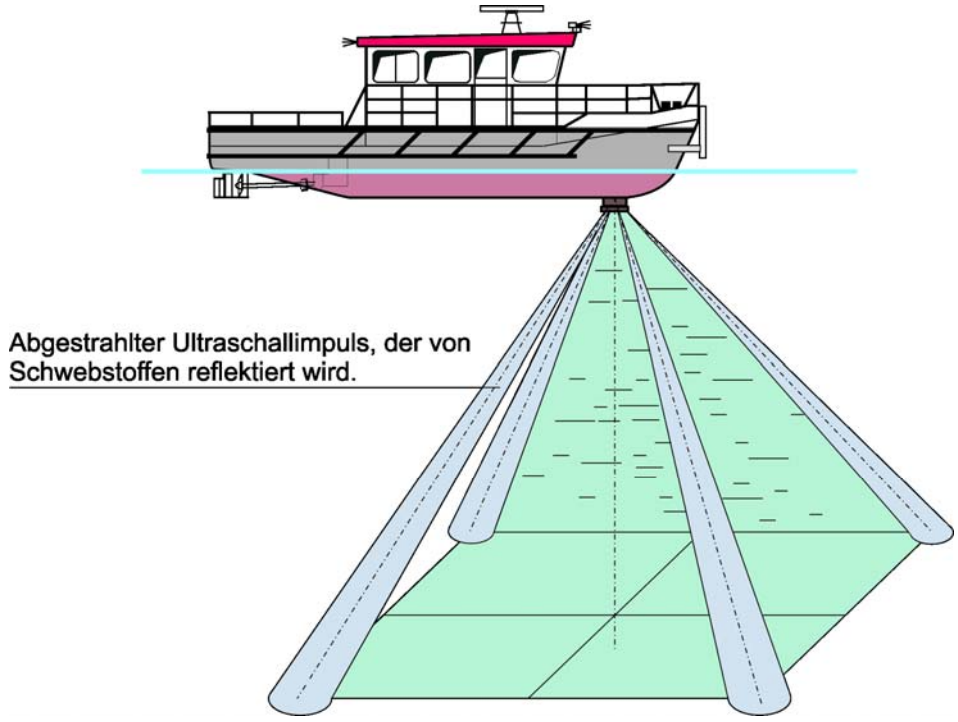
ADCP- Abflussmessung

Ein Messboot mit ADCP-Ausrüstung (Acoustic Doppler Current Profiler = akustischer Profilströmungsmesser) ist in der Lage, mit einem digitalen Strömungsmesser die Strömungsverhältnisse eines Flusses in Längs- und Querrichtung zu messen und die Daten zur Verarbeitung direkt einem Computer zu übermitteln.

Die Durchflussmessung läuft schnell und ohne Hilfsgeräte ab. Während der Fahrt werden die Messdaten in Echtzeit verarbeitet. Die Ultraschall-Doppler-Sonde tastet im Verlaufe der Messung den unter ihr liegenden Wasserkörper akustisch ab (Bild 10-21).
Gleichzeitig werden drei Größen kontinuierlich ermittelt:

- Strömungsgeschwindigkeit (Betrag und Richtung)
- Bootsgeschwindigkeit über Grund (Betrag und Richtung)
- Wassertiefe.

Das ADCP ist in der Lage, Echos aus verschiedenen Tiefenschichten zu unterscheiden und so ein Geschwindigkeitsprofil zu konstruieren.
Die Schallreflexion von der Sohle dient der Bestimmung der Wassertiefe und Geschwindigkeit des Trägerkörpers. Durch das Aussenden des Schalls in vier Richtungen lassen sich Geschwindigkeiten räumlich erfassen.
Am Ende der Messung ist der Durchfluss zwischen Start und Endposition des Bootes ermittelt. Der Messweg des ADCP von Ufer zu Ufer ist beliebig.
Während der Durchführung der ADCP-Messung werden die Rohdatensätze weiterverarbeitet. Dies geschieht in der Regel vor Ort. Eine Vorauswertung vor Ort zur direkten Überprüfung der Messergebnisse ist möglich.



10-21 ADCP-Messprinzip

Abflussmessung mit Tracern (Markierungsstoffen) u. a.

Tracer werden für Abflussmessungen verwendet, wenn Messflügel aufgrund geringer Wassertiefen, starker Turbulenz, hoher Fließgeschwindigkeit und geringer Wasserführung nicht eingesetzt werden können.

Das Messprinzip beruht darauf, dass ein in einem Flussprofil eingegebener Markierungsstoff bei großen Abflüssen stark und bei kleinen Abflüssen schwach verdünnt wird. Aus dem gemessenen Verdünnungsverhältnis kann somit die Abflussmenge ermittelt werden.

In einem staugeregelten Fluss mit Wasserkraftwerken kann unterhalb der Ausbauwassermenge der Abfluss durch Druckdifferenzmessung in den Turbinenschläuchen der Kraftwerke bestimmt werden. Der Druckabfall in der gemessenen Strecke ist unmittelbarer Maßstab für die Größe des Turbinendurchflusses.
Erwähnt werden sollen noch die Messungen bei kleineren Vorflutern durch Messüberfälle und Messwehre (bis ca. 1 m^3/Sekunde) sowie Gefäßmessungen (bis ca. 50 l/Sekunde).

10.4 Gewässerkundliche Hauptwerte

Gewässerkundliche Hauptwerte sind Extrem-, Grenz- und Mittelwerte der Wasserstände und Abflüsse. Extremwerte sind Hauptwerte für extreme Ereignisse seit Beginn der Aufzeichnungen. Grenz- und Mittelwerte können sich auf einzelne Monate, das Winter- und Sommerhalbjahr, das Abflussjahr, das aktuelle Jahr oder längere Zeitabschnitte beziehen. Die verwendeten Bezeichnungen bestehen aus den Großbuchstaben W für Wasserstand bzw. Q für Abfluss, denen die Abkürzung des jeweiligen Wasserstandes vorangestellt wird.
Nachfolgend sind die Hauptwerte der Wasserstände aufgeführt:

Hauptwerte der Wasserstände im Binnenbereich und Seebereich ohne Tide (Ostsee)

HHW	Höchster Hochwasserstand Überhaupt bekannter größter Wert der Wasserstände
HW	Hochwasserstand Größter Wert der Wasserstände in einer Zeitspanne (1 Jahr, 10 Jahre, 30 Jahre usw.)
MHW	Mittlerer Hochwasserstand Arithmetischer Mittelwert der Hochwasserstände gleichartiger Zeitspannen
MW	Mittelwasserstand Arithmetisch oder grafisch gebildeter Mittelwert der Wasserstände in einer Zeitspanne
GlW	Gleichwertiger Wasserstand Einander entsprechende Wasserstände in verschiedenen Abflussquerschnitten eines Fließgewässers bei gleicher Unter- (Über-) schreitungsdauer. Für den Rhein gilt seit 2002 folgende Definition: Die gleichwertigen Wasserstände sind die Wasserstände, die bei als gleichwertig festgelegten Abflüssen längs einer Flussstrecke auftreten.
MNW	Mittlerer Niedrigwasserstand Arithmetischer Mittelwert der Niedrigwasserstände gleichartiger Zeitspannen
NW	Niedrigwasserstand Kleinster Wert der Wasserstände in einer Zeitspanne
NNW	Niedrigster Niedrigwasserstand Überhaupt bekannter kleinster Wert der Wasserstände
HSW	Höchster Schifffahrtswasserstand Oberer Grenzwasserstand, bis zu dem der Verkehr auf der Wasserstraße zulässig ist
NSW	Niedrigster Schifffahrtswasserstand Unterer Grenzwasserstand, bis zu dem der Verkehr auf der Wasserstraße bei bestimmter Abladetiefe möglich oder zulässig ist

Hauptwerte der Wasserstände im Tidegebiet (Nordsee und Tideflüsse)

NNTnw	Allerniedrigster Tideniedrigwasserstand Überhaupt bekannter kleinster Wert der Tideniedrigwasserstände
NNThw	allerniedrigster Tidehochwasserstand Überhaupt bekannter kleinster Wert der Tidehochwasserstände
NTnw	Niedrigster Tideniedrigwasserstand Kleinster Wert der Tideniedrigwasserstände in einer Zeitspanne
NThw	Niedrigster Tidehochwasserstand Kleinster Wert der Tidehochwasserstände in einer Zeitspanne
MNTnw	Mittlerer niedrigster Tideniedrigwasserstand Arithmetischer Mittelwert der niedrigsten Tideniedrigwasserstände gleichartiger Zeitspannen
MNThw	Mittlerer niedrigster Tidehochwasserstand Arithmetischer Mittelwert der niedrigsten Tidehochwasserstände gleichartiger Zeitspannen
MTnw	Mittlerer Tideniedrigwasserstand Arithmetischer Mittelwert der Tideniedrigwasserstände in einer Zeitspanne
MThw	Mittlerer Tidehochwasserstand Arithmetischer Mittelwert der Tidehochwasserstände in einer Zeitspanne
MHTnw	Mittlerer höchster Tideniedrigwasserstand Arithmetischer Mittelwert der höchsten Tideniedrigwasserstände gleichartiger Zeitspannen
MHThw	Mittlerer höchster Tidehochwasserstand Arithmetischer Mittelwert der höchsten Tidehochwasserstände gleichartiger Zeitspannen
HTnw	Höchster Tideniedrigwasserstand Größter Wert der Tideniedrigwasserstände in einer Zeitspanne
HThw	Höchster Tidehochwasserstand Größter Wert der Tidehochwasserstände in einer Zeitspanne
HHTnw	Allerhöchster Tideniedrigwasserstand Überhaupt bekannter größter Wert der Tideniedrigwasserstände
HHThw	Allerhöchster Tidehochwasserstand Überhaupt bekannter größter Wert der Tidehochwasserstände
MT1/2w	Mittlerer Tidehalbwasserstand Arithmetischer Mittelwert der Wasserstände bei halbem Tidehub
MTmw	Mittlerer Tidemittelwasserstand Arithmetischer Mittelwert der Wasserstände der waagerechten Schwerlinie einer Tidekurve
MThb	Mittlerer Tidehub Arithmetischer Mittelwert der mittleren Höhenunterschiede zwischen Thw und den beiden benachbarten Tnw.

10.5 Meldedienste

Die WSV unterhält gemäß § 35 Abs. 1 Wasserstraßengesetz einen Wasserstands- und Hochwassermeldedienst im Benehmen mit den Ländern.

Der tägliche Wasserstandsmeldedienst verbreitet über die Medien für die Schifffahrt und die Bevölkerung die 05:00-Uhr- und die 13:00-Uhr-Wasserstände.

Sobald an einem Bezugspegel die Hochwassermeldehöhe überschritten ist, wird der überregionale Hochwassermeldedienst (ÜHWD) eingerichtet. Der ÜHWD sammelt alle relevanten Daten der Dienststellen des Bundes und der Länder und wertet diese aus. Er ist auch für die Weitergabe der Wasserstände und die Hochwasservorhersage verantwortlich. Der ÜHWD begleitet das Hochwassergeschehen so lange, bis sich die Hochwassersituation entspannt hat.

Der Eismeldedienst der WSV dient

- dem frühzeitigen Erkennen der Eisbildung und der Warnung vor Gefahren und Einschränkungen für die Schifffahrt
- der Sicherstellung des Wasserabflusses in den Flüssen und der Verhinderung von Eisversetzungen an den Wehren.

Der Eismeldedienst wird durch die WSÄ und die Fachstelle für Gewässerkunde wahrgenommen. Während der Eisperiode gibt das jeweilige WSA in der Regel täglich einen Eislage-Bericht heraus:

- A Schifffahrt frei
- B Schifffahrt behindert (z. B. 10 cm durchschnittliche Eisdecke)
- C Schifffahrt eingestellt.

11 Wasserläufe mit künstlichem Gewässerbett, Schifffahrtskanäle

11.1 Allgemeines

Als Wasserläufe mit künstlichem Gewässerbett werden gebaut

- Schifffahrtskanäle
  - für Binnenschiffe
  - für Seeschiffe
- Schleusenkanäle
- Kraftwerkszuleitungen und -ableitungen
- Zu- und Ableitungen für Be- und Entwässerungsanlagen.

In diesem Kapitel werden Schifffahrtskanäle behandelt.
Schifffahrtskanäle haben in der Regel die Aufgabe, natürliche Wasserstraßen, also Flüsse, miteinander zu verbinden, da diese erst dann zur vollen Geltung für die Gesamtwirtschaft kommen.
Beispiele für Schifffahrtskanäle für die Binnenschifffahrt sind:

- Mittellandkanal (Dortmund-Ems-Kanal – Elbe)
- Elbe-Seitenkanal (Elbe – Mittellandkanal)
- Rhein-Herne-Kanal (Rhein – Dortmund-Ems-Kanal)
- Main-Donau-Kanal (Main – Donau).

Der einzige größere Kanal für Seeschiffe ist der Nord-Ostsee-Kanal, er verbindet die Nordsee mit der Ostsee.

Schifffahrtskanäle werden nicht im Gefälle angelegt, um Wasser zu sparen. Höhenunterschiede werden durch Schifffsschleusen oder Schifffshebewerke zwischen den Haltungen mit waagerechtem Wasserspiegel überwunden. Die Anzahl der Haltungen bzw. Kanalstufen soll möglichst gering sein, da Schleusen

und Hebewerke kostenintensiv und für die Schifffahrt zeitaufwendig sind. Deshalb ergeben sich oft große Fallhöhen, tiefe Einschnitte und hohe Dämme.

Arten von Kanälen sind:

- Seitenkanal
  Dies ist ein Kanal, der parallel zu einer Flussstrecke verläuft (z. B. Elbe-Seiten-Kanal)
- Stichkanal
  Ein Stichkanal zweigt von einer Wasserstraße ab ohne Anschluss an eine weitere Wasserstraße (z. B. Zweigkanal Osnabrück)
- Scheitelkanal
  Zwei Stromgebiete werden durch einen Scheitelkanal, der die Wasserscheide überschreitet, verbunden (z. B. Main-Donau-Kanal).

11.2 Begriffe zum künstlichen Gewässerbett

- Gewässerbett
  Zum Gewässer gehörende Eintiefung oder Abdämmung der Erdoberfläche.
- Künstliches Gewässerbett
  Gewässerbett, das als Eintiefung oder Abdämmung der Erdoberfläche ganz oder teilweise künstlich geschaffen ist.
- Gewässersohle
  Unterer Teil des Gewässerbettes.
- Ufer
  Seitlicher Teil des Gewässerbettes. Das Ufer beginnt am Uferfuß (Schnittlinie mit der Gewässersohle) und endet an der Oberkante der Uferböschung oder der Uferwand bzw. an der Oberkante des Kanalseitendammes.
- Einschnittstrecke
  Abschnitt eines Gewässers mit künstlichem Gewässerbett, dessen angespannter (über dem Normalwasserstand befindlicher) Kanalwasserspiegel niedriger als das umgebende Gelände/gleich dem umgebenden Gelände liegt, das also nicht durch ständig wasserbelastete Dämme seitlich begrenzt wird.
- Dammstrecke
  Abschnitt eines Gewässers mit künstlichem Gewässerbett, dessen angespannter Kanalwasserspiegel höher als das umgebende Gelände liegt, das also durch ständig wasserbelastete Dämme ein- oder beidseitig begrenzt wird (Kanalseitendämme, Kanaldämme).
- Rückstaudamm
  Erdbauwerk in Mündungsstrecken von Nebenwasserläufen eines Schifffahrtskanals, das bei dem Nebenwasserlauf Überschwemmungen durch Rückstau aus dem Hauptwasserlauf verhindert.
- Kanalseitendamm
  Erdbauwerk als seitliche Begrenzung eines Schifffahrtskanals oder Schleusenkanals.
- Kanaldamm
  Erdbauwerk als Träger eines Schifffahrtskanals oder Schleusenkanals, dessen Sohle ganz oder teilweise höher als das Gelände liegt (Kanalseitendämme sind in diesem Fall Bestandteile des Kanaldammes).

11.3 Wasserbedarf

Ein Kanal hat einen relativ hohen Wasserbedarf, zumal da die Wasserverluste recht hoch sind. Diese setzen sich zusammen aus:

- Verdunstung
- Versickerung
- Schleusungswasser
- Spaltwasser
- Wasserentnahmen.

Den Kanälen wird das notwendige Wasser auf natürlichem Wege aus den benachbarten Flüssen zugeführt.

Zur Einsparung von Schleusungswasser wird bei Sparschleusen ein Teil des Schleusungswassers beim Entleeren der Schleusenkammer in Sparbecken abgeleitet und für die nächste Füllung wieder verwendet. Da die Scheitelhaltung bei jeder Schleusung Wasser verliert, muss dieses aus dem Unterwasser in die Scheitelhaltung gepumpt werden. Eine andere Möglichkeit ist die Speisung aus Stauseen (der Edersee und der Diemelsee waren ursprünglich für die Speisung des Mittellandkanals angelegt worden) oder Speicherbecken (z. B. Dürrlohspeicher am Main-Donau-Kanal), die z. B. unter Nutzung des verbilligten Nachtstromes aufgefüllt werden.

11.4 Kanäle für Binnenschiffe

Kanalquerschnitt

Heute werden Binnenschifffahrtsstraßen von europäischer Bedeutung zur Wasserstraßenklasse V (Tabelle 2-2) ausgebaut. Dies erfolgt in der Regel nach Ausbaugrundsätzen mit einheitlichen Querschnitten, so dass zweischiffiger Verkehr mit

- Schubverbänden (185 m lang, 11,40 m breit)
- Großmotorgüterschiffen (110 m lang, 11,40 m breit)

bei einer Abladetiefe von 2,80 m ermöglicht wird.

Der Schiffswiderstand, der sich auf die Fahrgeschwindigkeit auswirkt, ist um so geringer, je größer der Kanalquerschnitt im Verhältnis zum eingetauchten Schiffskörper ist. Dieses Verhältnis n sollte daher nicht kleiner als 7 sein:

$$n = \frac{A\,[m^2]}{a\,[m^2]} \geq 7$$

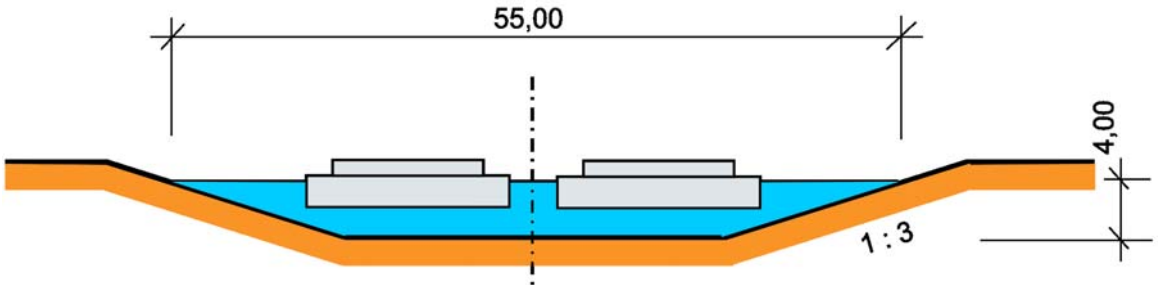
A = Kanalquerschnitt

a = Querschnittsfläche des eingetauchten Schiffkörpers

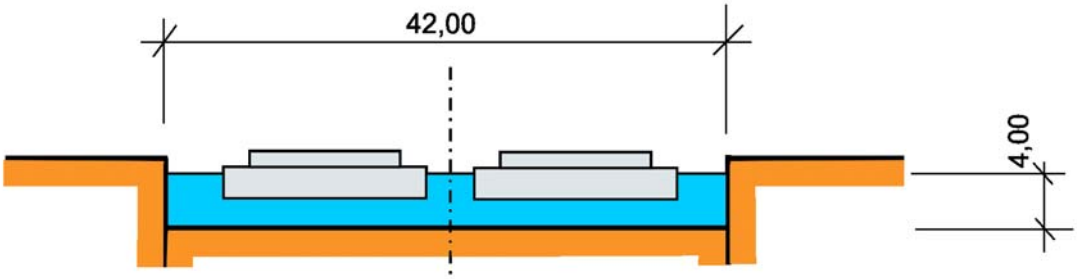
Die Regelquerschnitte (Bild 11-1) für den Ausbau von Schifffahrtskanälen der Wasserstraßenklasse V sind

- Trapezprofil
- Rechteckprofil
- Rechteck-Trapez-Profil
- Kombiniertes Rechteck-Trapez-Profil.

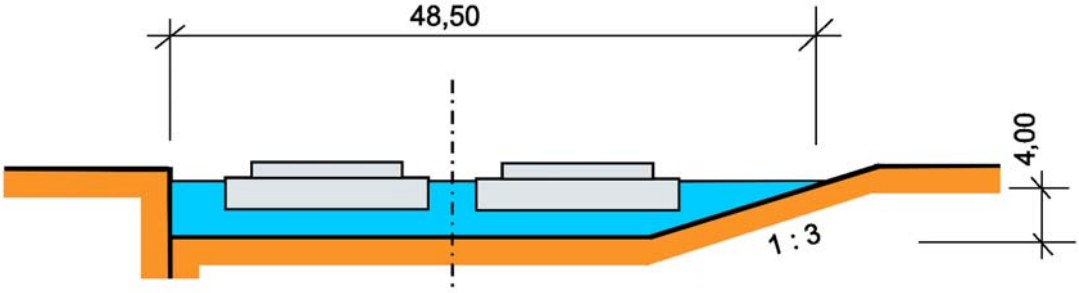
Trapezprofil (T-Profil)



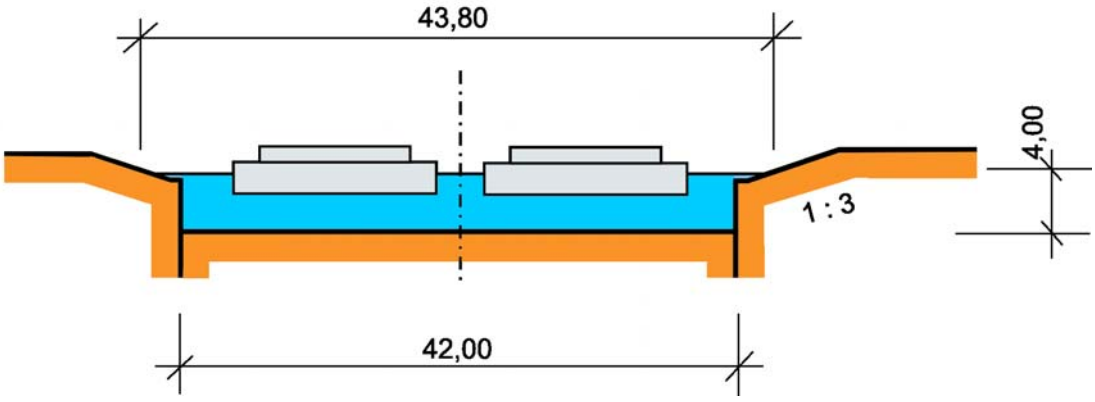
Rechteckprofil (R-Profil)



Rechtecktrapezprofil (RT-Profil)



Kombiniertes Rechtecktrapezprofil (KRT-Profil)



11-1 Regelquerschnitte für den Ausbau von Schifffahrtskanälen der Wasserstraßenklasse V

Ufer- und Sohlenbefestigung

Für die Ufer- und Sohlenbefestigung kommen überwiegend Regelbauweisen zur Anwendung. Diese werden – unterschieden nach ungedichteter und gedichteter Ausführung – im Kap. 15.1.4 behandelt.

11.5 Kanäle für Seeschiffe

Kanäle für Seeschiffe werden gebaut, um Seen oder Meere miteinander zu verbinden (z. B. Nord-Ostsee-Kanal) oder einen Hafen an das Meer anzuschließen (z. B. Seekanal Rostock).

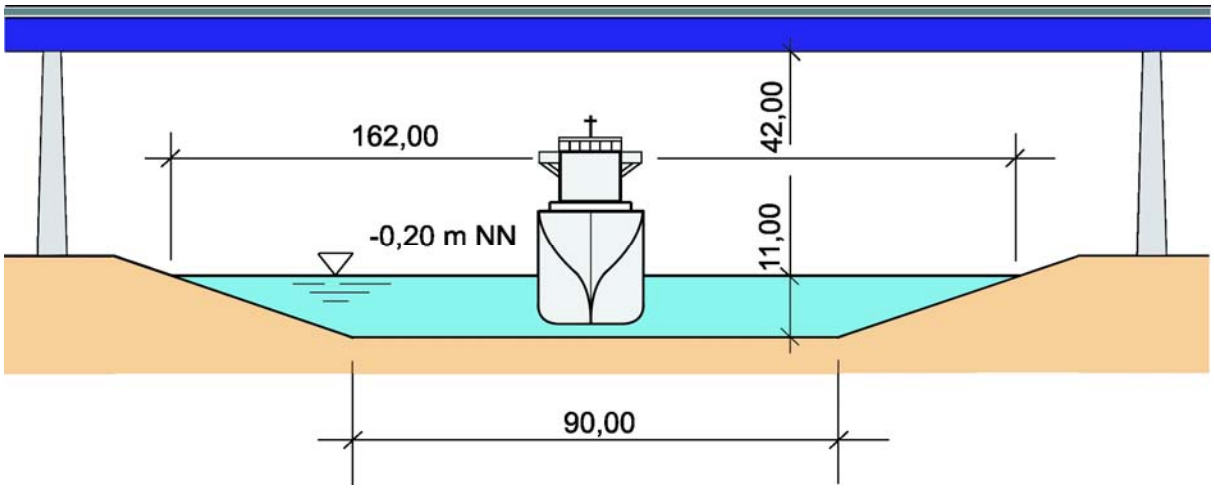
Der bedeutendste Kanal, nicht nur für Deutschland, ist der Nord-Ostsee-Kanal (NOK). Er ist die meist befahrene künstliche Wasserstraße der Welt. Im Jahr 2008 wurden durch den Kanal erstmals mehr als 100 Mio. t Güter transportiert.

Der NOK verbindet die Nordsee mit der Ostsee. Er erspart der Schifffahrt einen 260 Seemeilen langen Umweg um Skagen. Von der Elbe in Brunsbüttel bis Kiel-Holtenau an der Kieler Förde beträgt die Länge des Kanals 98,7 km. Der Wasserspiegel ist 162 m und die Sohle 90 m breit bei einer Wassertiefe von 11 m (Bild 11-2).

Den Kanal können Schiffe mit einer Länge bis zu 235 m und einer Breite von 32,5 m befahren. Der zulässige Tiefgang für Schiffe bis 160 m Länge und 20 m Breite beträgt 9,50 m. Für größere Fahrzeuge wird der höchstzulässige Tiefgang nach einer Tabelle berechnet, die in den Bekanntmachungen der WSD Nord veröffentlicht wird. Die Mastenhöhe der Schiffe darf nicht mehr als 40 m über dem Wasserspiegel betragen.

An den Enden des Kanals in Brunsbüttel und Kiel-Holtenau befinden sich Schleusenanlagen. Sie dienen nicht, wie sonst üblich, zur Überwindung von Höhenunterschieden im Gelände, sondern dazu, auf beiden Seiten ungewöhnlich hohe oder niedrige Außenwasserstände und auf der Westseite die wechselnden Tidewasserstände vom Kanal fernzuhalten. Die Schleusenanlagen bestehen aus einer „Großen“ und einer „Kleinen“ Doppelschleuse. Die Schleusen haben eine nutzbare Länge von 310 m bzw. 125 m, eine nutzbare Breite von 42 m bzw. 22 m und einen zulässigen Tiefgang von 9,5 m bzw. 7 m in Kiel-Holtenau und 6,5 m in Brunsbüttel.

Um das gegenseitige Passieren größerer Schiffe zu ermöglichen, sind im Kanal 10 Weichen angeordnet, Bereiche mit größerer Breite, die mit Signalanlagen ausgestattet sind. Zehn Brücken, ein Straßentunnel, ein Fußgängertunnel, vierzehn Fährstellen mit freifahrenden Motorfähren, eine Personenfähre sowie eine Schwebefähre queren den Kanal.



11-2 Querschnitt des Nord-Ostsee-Kanals

12 Flussregelung, Stauregelung

12.1 Flussregelung

12.1.1 Erfordernis einer Flussregelung

Ein natürlicher Flusslauf sucht sich seinen Weg entsprechend der geologischen Beschaffenheit des Geländes, durch das er fließt. Damit verbunden sind Uferabbrüche und Anlandungen mit Verlagerungen des Flusslaufs. Die Flussquerschnitte werden breiter, die Wassertiefen geringer. Bei Hochwasser nehmen die Gefahren der Überschwemmungen zu. Ausreichende Wassertiefen für die Schifffahrt sind in der Regel nicht vorhanden.

Aus diesen Gründen sind flussregelnde Maßnahmen erforderlich. Dabei ist auf die oft gegensätzlichen Interessen der einzelnen Nutzer des Wassers Rücksicht zu nehmen. Zu berücksichtigen sind z. B. Siedlungen, Industrie, Schifffahrt, Wasserkraftnutzung, Fischerei, Sport und Erholung, Hydrologie, Natur- und Umweltschutz.

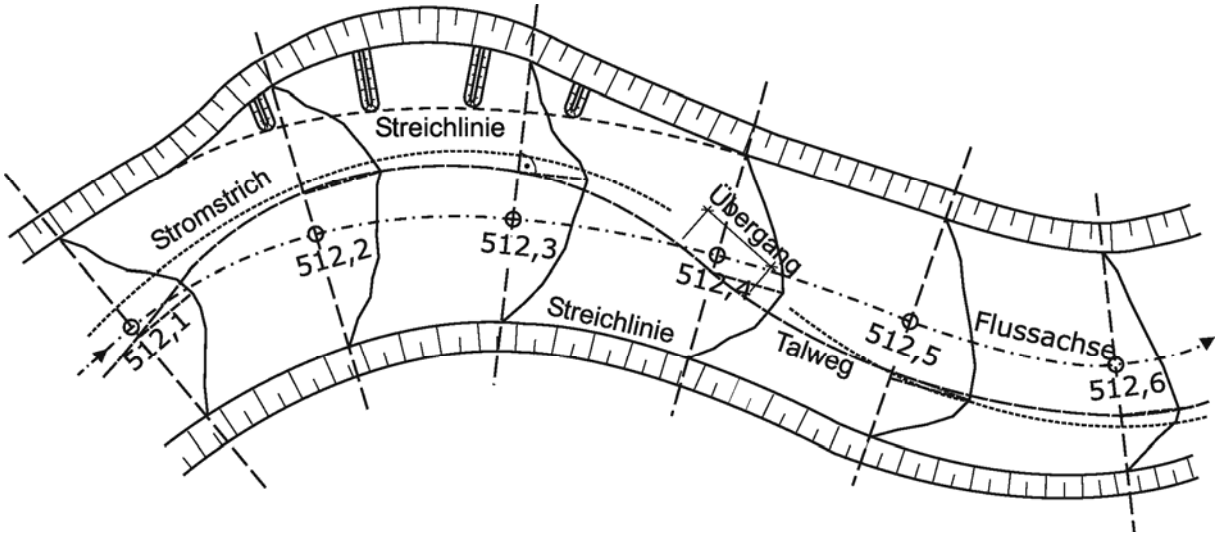
Die o. g. Erosions- und Anlandungsprozesse lassen sich durch bauliche Veränderungen der Abflussquerschnitte steuern. Sind strombauliche Maßnahmen nicht möglich oder unwirtschaftlich, wird im Rahmen einer Geschiebebewirtschaftung Geschiebe umgelagert bzw. zugegeben. Nachfolgend wird die Flussregelung durch bauliche Eingriffe in den Flusslauf behandelt.

12.1.2 Begriffe

- Gewässerbett
  Zum Gewässer gehörende Eintiefung oder Abdämmung der Erdoberfläche.
- Natürliches Gewässerbett
  Gewässerbett, das als Eintiefung der Erdoberfläche auf natürliche Weise entstanden ist.
- Gewässersohle
  Unterer Teil des Gewässerbettes.
- Ufer
  Seitlicher Teil des Gewässerbettes. Das Ufer beginnt am Uferfuß (Schnittlinie mit der Gewässersohle) und endet an der Oberkante der Uferböschung oder der Uferwand bzw. an der Oberkante des Flussseitendammes.
- Absperrdamm
  Erdbauwerk, durch das
  - im Zusammenwirken mit einem Wehr ein Stau erzeugt und eine Stauhaltung abgeschlossen wird
  - ein Nebenarm abgesperrt und so zu einem Altarm wird.
- Flussseitendamm
  Erdbauwerk als seitliche Begrenzung eines staugeregelten Flusses.
- Rückstaudamm
  Erdbauwerk in Mündungsstrecken von Nebenwasserläufen eines staugeregelten Flussabschnittes, das bei dem Nebenwasserlauf Überschwemmungen durch Rückstau aus dem Hauptwasserlauf verhindert.
- Flussdeich
  Damm aus Erdbaustoffen, der gegen Hochwasser und im Tidegebiet auch gegen Sturmfluten schützt.
- Volldeich (Winterdeich)
  Flussdeich, der dem Schutz gegen höchstes Hochwasser dient.
- Teilschutzdeich (Überlaufdeich, Sommerdeich)
  Deich, der in der Regel landwirtschaftlich genutzte Flächen gegen kleineres und mittleres Hochwasser schützt.
- Rückstaudeich

Flussdeich, der im Anschluss an einen Deich des Hauptflusses bei einem Nebenfluss Überschwemmungen durch Rückstau aus dem Hauptfluss verhindert.

- Stromschnelle
  Flussbereich, in dem das Sohlengefälle gegenüber dem sonstigen Wasserlauf besonders groß ist.
- Talweg (Bild 12-1)
  Die ausgeglichene Verbindungslinie der tiefsten Punkte in aufeinander folgenden Querschnitten eines Fließgewässers.
- Stromstrich (Bild 12-1)
  Die ausgeglichene Verbindungslinie der Punkte größter Oberflächengeschwindigkeit in aufeinander folgenden Querschnitten eines Fließgewässers beim jeweiligen Abfluss oder Durchfluss.
- Flussachse (Bild 12-1)
  Die gedachte Mittellinie eines Flusslaufs. Sie bildet die Grundlage für die Kilometrierung eines Flusses.
- Streichlinie (Bild 12-1)
  Die planmäßige seitliche Begrenzung des Wasserspiegels im Bereich des abflusswirksamen Querschnitts beim Ausbauabfluss, z. B. Verbindungslinie entlang der Buhnenköpfe.
- Übergang (Bild 12-1)
  Der Bereich eines Fließgewässers, in dem der Talweg von einer Kurve in die Gegenkurve übergeht.



12-1 Flusskarte mit Erläuterung wichtiger Begrffe

12.1.3 Maßnahmen zur Regelung eines Flusslaufes

Der regelnde Eingriff in den Wasserlauf eines Flusses wird als „Ausbau“ bezeichnet. Ausbaumaßnahmen werden in der Regel in nachstehender Reihenfolge durchgeführt:

- Hochwasserregelung
- Mittelwasserregelung
- Niedrigwasserregelung
- Weitere Regelungsmaßnahmen.

Hochwasserregelung

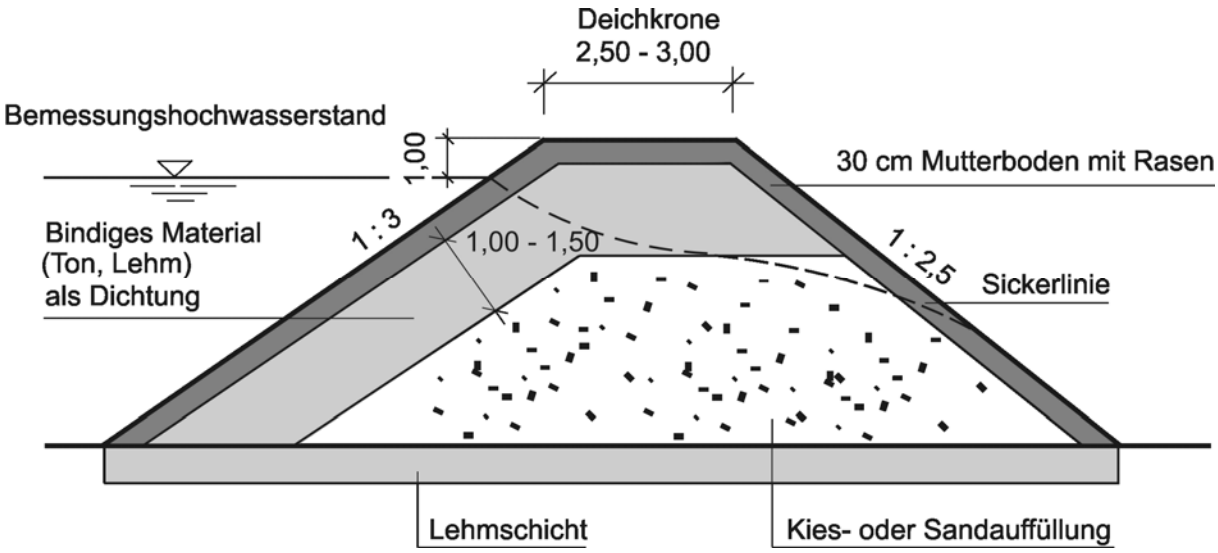
Die Hochwasserregelung ist eine Regelung der Abflussmengen. Dazu gehören die Zurückhaltung gefährlicher Hochwasserspitzen in Retentionsflächen, Talsperren und Rückhaltebecken, der Bau von Entlastungskanälen, die Schaffung eines ausreichenden Abflussprofils, die Abflachung von Kurven sowie die Voll- und Teileindeichung.

Um die Menschen vor Überschwemmungen zu schützen und Schäden an Ufergrundstücken und Gebäuden zu verringern, werden Deiche gebaut. Deiche sind Bauwerke mit einer solchen Kronenhöhe, dass sie unerwünschte Überflutungen von Flussniederungen abhalten.

Die Kronen der Deiche müssen zum Schutz von Siedlungen ca. 1,0 m über HHW liegen. Diese hochwasserfreien Deiche nennt man auch „Winterdeiche“, weil sie uns vor den oft im Winter vorkommenden hohen Wasserständen schützen sollen.

Im Gegensatz dazu gibt es auch „Sommerdeiche“ (Teilschutzdeiche). Sie dienen dazu, die Nutzung der landwirtschaftlichen Geländeflächen während der Sommerhochwasser zu garantieren. Sie sind also niedriger als die Winterdeiche.

Der auf einer Lehmschicht gegründete Deich erhält einen Kies- oder Sandkern sowie eine Dichtungsschicht aus Ton oder Lehm. Die Abdeckung erfolgt mit Mutterboden. Grundlage für die Gestaltung des Deichquerschnittes ist der Verlauf der Sickerlinie. Damit die Standsicherheit des Deiches nicht gefährdet ist, darf das Sickerwasser nicht am Deichfuß austreten (Bild 12-2).



12-2 Querschnitt eines Deiches (überhöhte Darstellung)

Mittelwasserregelung

Die Mittelwasserregelung ist eine Regelung der Geschiebeführung, da die mittlere Abflussmenge (MQ) ungefähr der bettbildenden Abflussmenge entspricht. Diese Regelung dient vor allem der Schifffahrt. Die Mittelwasserregelung soll folgendes erreichen:

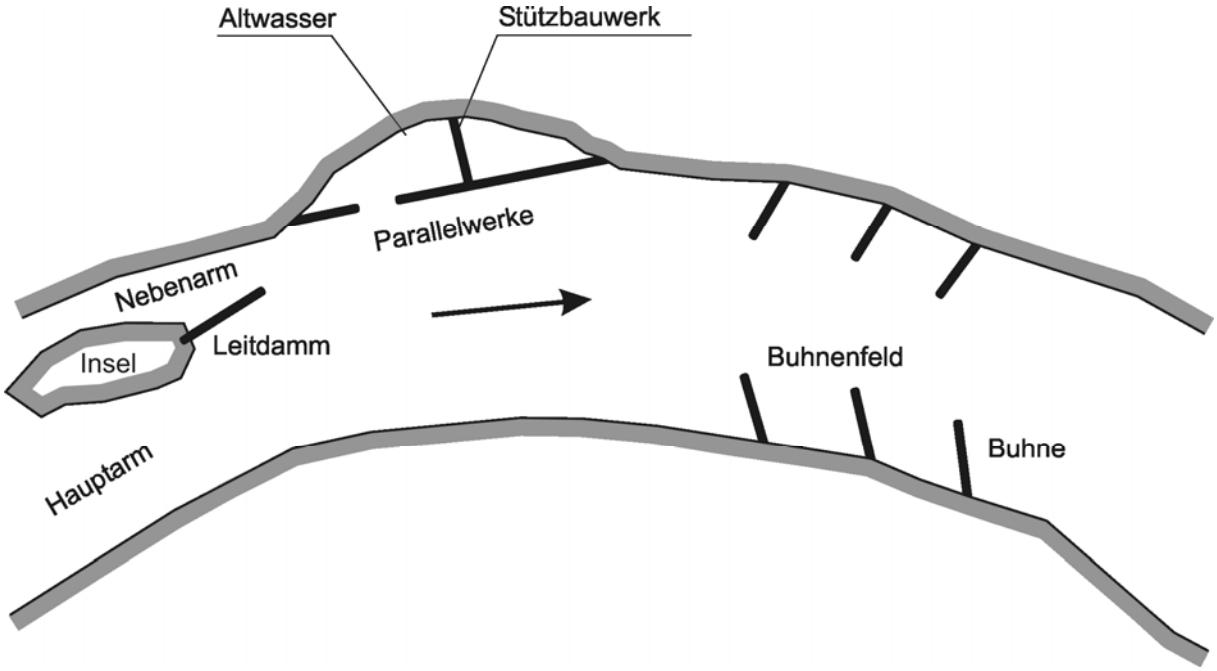
- Bildung eines einheitlichen Flussschlauches einschließlich Beseitigung von Inselbildungen und Schließen von Nebenarmen durch Absperrwerke
- Beseitigung von zu scharfen Kurven, ggf. mit Hilfe von Durchstichen
- Beeinflussung der Geschiebeführung derart, dass sich keine Bänke bilden können
- Schaffung einer ausreichenden, einheitlichen Fahrrinne für die Schifffahrt.

Um diese Ziele zu erreichen, muss vielfach die natürliche Breite des Flusses eingeschränkt werden. Dieses geschieht durch Regelungsbauwerke wie Buhnen und Parallelwerke. Die Regelungsbauwerke bewirken eine

- Hebung des Wasserspiegels
- Erhöhung der Fließgeschwindigkeit
- Vergrößerung der kritischen Schubspannung, bei der die Bewegung des Geschiebes beginnt
- Vertiefung der Fahrrinne.

Regelungsbauwerke zur Mittelwasserregelung (Bild 12-3) sind

- Buhnen
- Parallelwerke
- Leitdämme

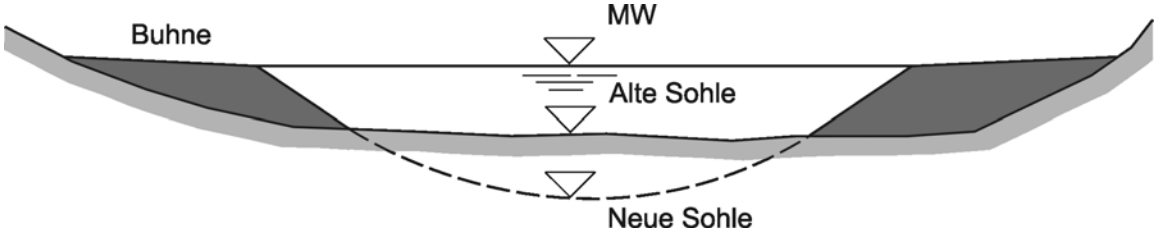


12-3 Bauwerke der Mittelwasserregelung

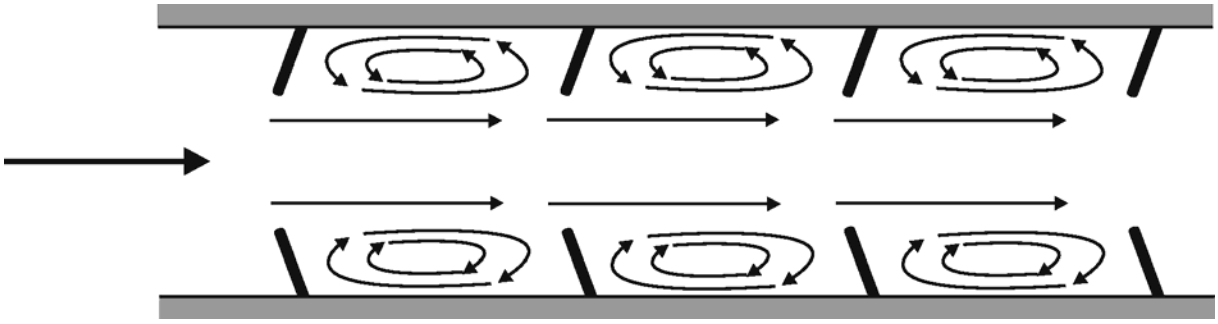
Buhnen

Buhnen sind die wichtigsten und effektivsten Regelungsbauwerke. Sie werden vom Ufer her quer in den Fluss bis zur Streichlinie hineingebaut, und zwar in Flüssen ohne Gezeiteneinfluss aufwärts (inklinant) gerichtet unter einem Winkel von etwa 70 °.

Buhnen werden immer in Gruppen gebaut. Um den erwünschten Zweck zu erreichen, müssen die Buhnenfelder verlanden (Bilder 12-4 und 12-5).



12-4 Wirkung der Mittelwasserregelung durch Buhnen



12-5 Funktionsweise inklinanter Buhnen

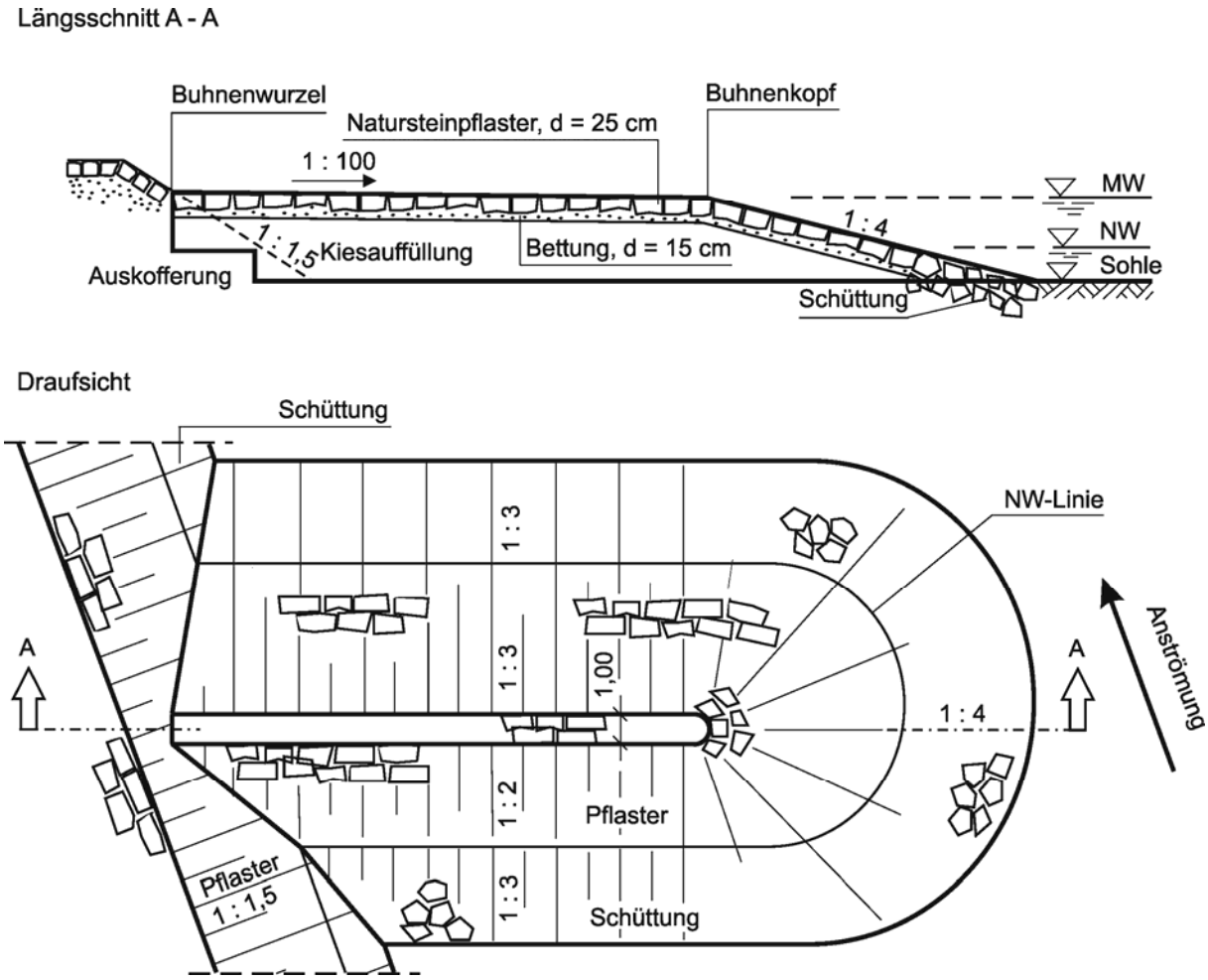
Der Buhnenabstand beträgt ca. 4,5 mal der Länge der Buhne, am einbuchtenden (äußeren) Ufer größer und am ausbuchtenden (inneren) Ufer kleiner.
Abmessungen der Buhnen.

- Die Länge der Buhne ergibt sich aus dem Abstand vom Ufer bis zur Streichlinie
- Die Neigung der Buhne beträgt etwa 1 : 50 bis 1 : 200
- Die Breite der Buhnenkrone beträgt ca. 1,0 m bis 2,0 m
- Die Neigung der Seitenböschung beträgt bei gepflasterten Buhnen nach oberstrom 1 : 2 und nach unterstrom 1 : 3, bei geschütteten Buhnen allseits 1 : 3
- Die Neigung des Buhnenkopfes beträgt 1 : 3 bis 1 : 5
- Die Höhe des Buhnenkopfes liegt auf Mittelwasser (MW).

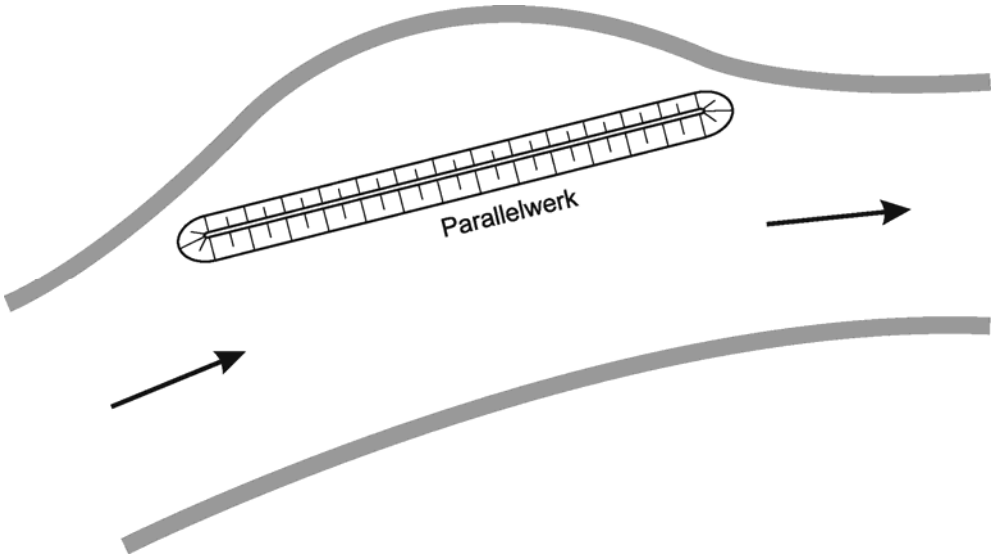
Die heute übliche Bauweise einer Buhne ist eine Steinbuhne mit Kieskern. Die Befestigung geschieht durch Steinschüttung oder Pflaster (Bild 12-6).

Parallelwerke

Parallelwerke (Bild 12-7) sind dammartige Bauwerke, die in Fließrichtung verlaufen. Durch den Einbau der Parallelwerke in den Fluss wird der Abflussquerschnitt verringert. Dadurch erhöht sich die Fließgeschwindigkeit und damit die kritische Schubspannung für die Geschiebebewegung an der Sohle. Außerdem vertieft sich die Sohle.
Die Bauweise des Parallelwerkes entspricht in der Regel der der Buhne. Die Neigung der Seitenböschung beträgt auf der Landseite 1 : 2 und an der Stromseite 1 : 3. Die Höhenlage entspricht der der Buhne.
Zur Stabilisierung des Parallelwerkes können auch buhnenartige Bauwerke rechtwinklig zum Parallelwerk dieses unterstützen.



12-6 inklinante Steinbuhne



12-7 Parallelwerk

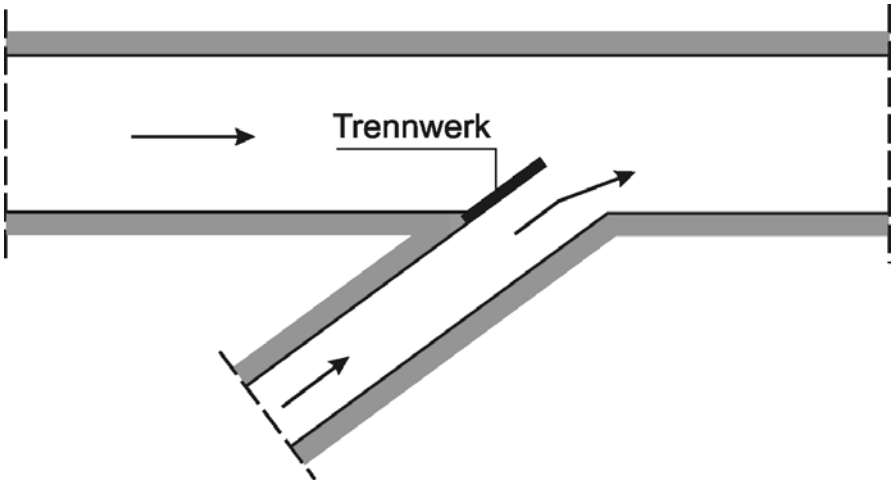
Leitdämme

Leitdämme sollen die Strömung eines Flusses beeinflussen, und zwar als

- Trennwerke
- Schöpfdämme
- Streichwerke
- Absperrwerke.

Trennwerke

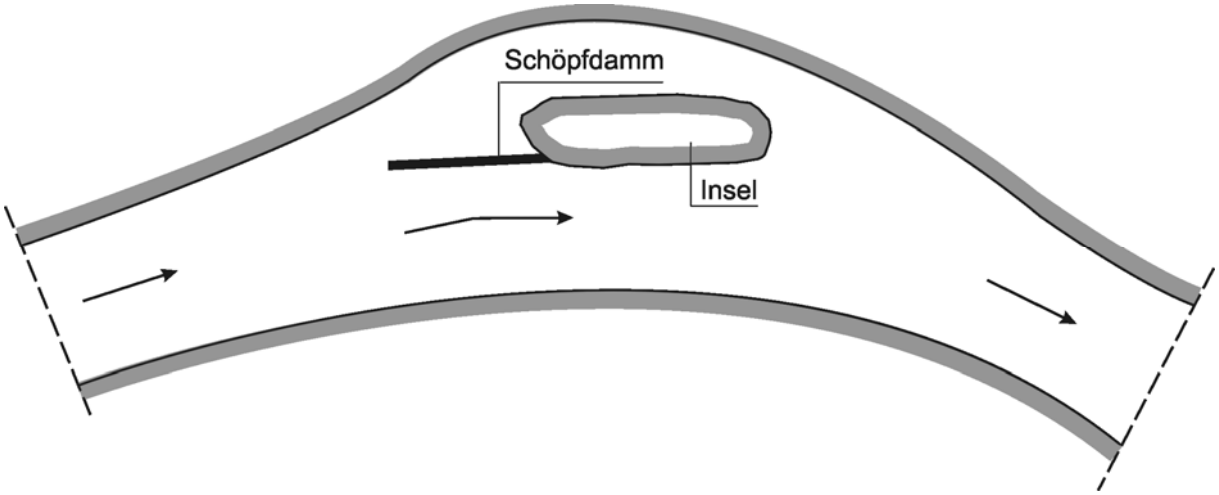
Trennwerke (Bild 12-8) werden an Einmündungen von Nebenflüssen oder am unteren Ende von Inseln errichtet. Sie sollen die Strömung des Nebenflusses unter spitzem Winkel und ohne Wirbelbildung in den Hauptfluss einleiten.



12-8 Trennwerk

Schöpfdämme

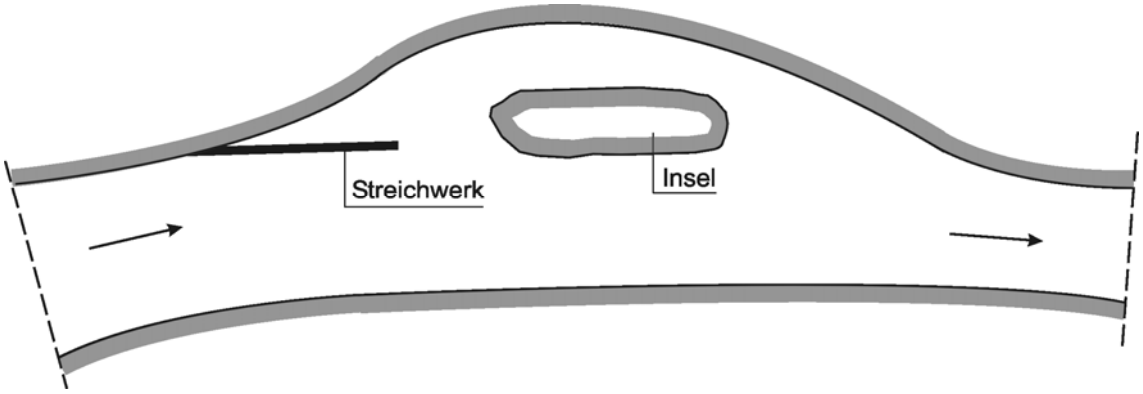
Schöpfdämme (Bild 12-9) werden am oberen Ende von Inseln errichtet. Sie sollen dem einen Arm des Flusses Wasser entziehen und dem anderen zuführen.



12-9 Schöpfdamm

Streichwerke

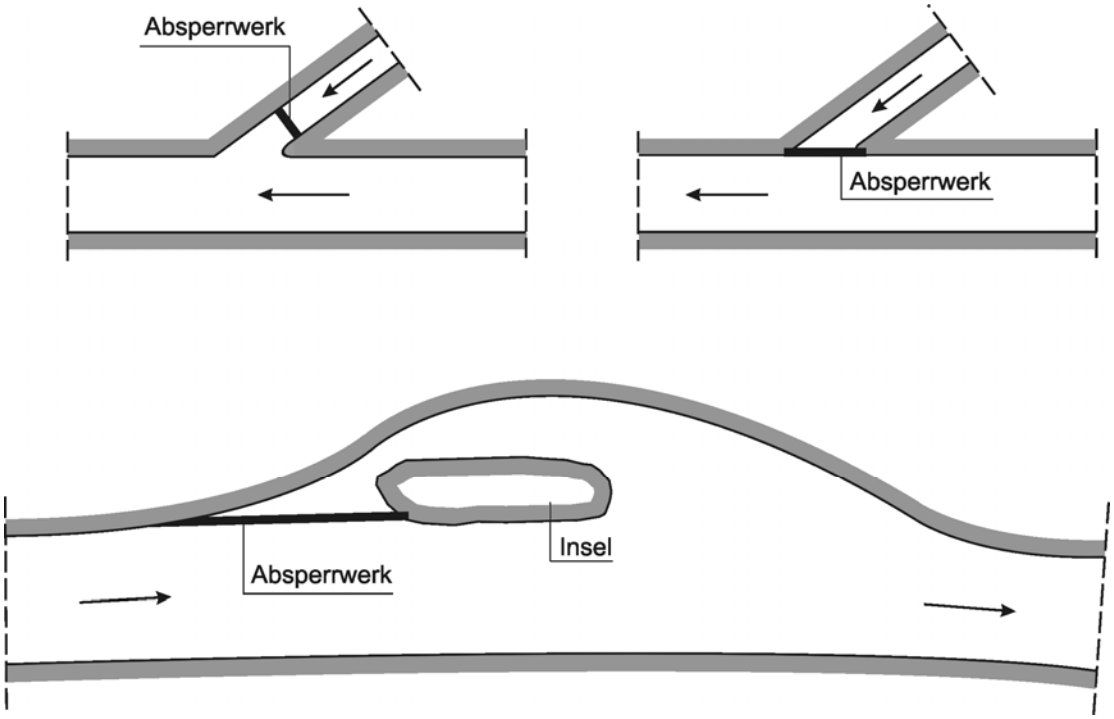
Streichwerke (Bild 12-10) sollen die Strömung von einer Stelle abhalten und in eine bestimmte Richtung lenken.



12-10 Streichwerk

Absperrwerke

Absperrwerke (Bild 12-11) sind bewegliche oder feste Bauwerke zur Absperrung von Nebenarmen.



12-11 Absperrwerke

Niedrigwasserregelung

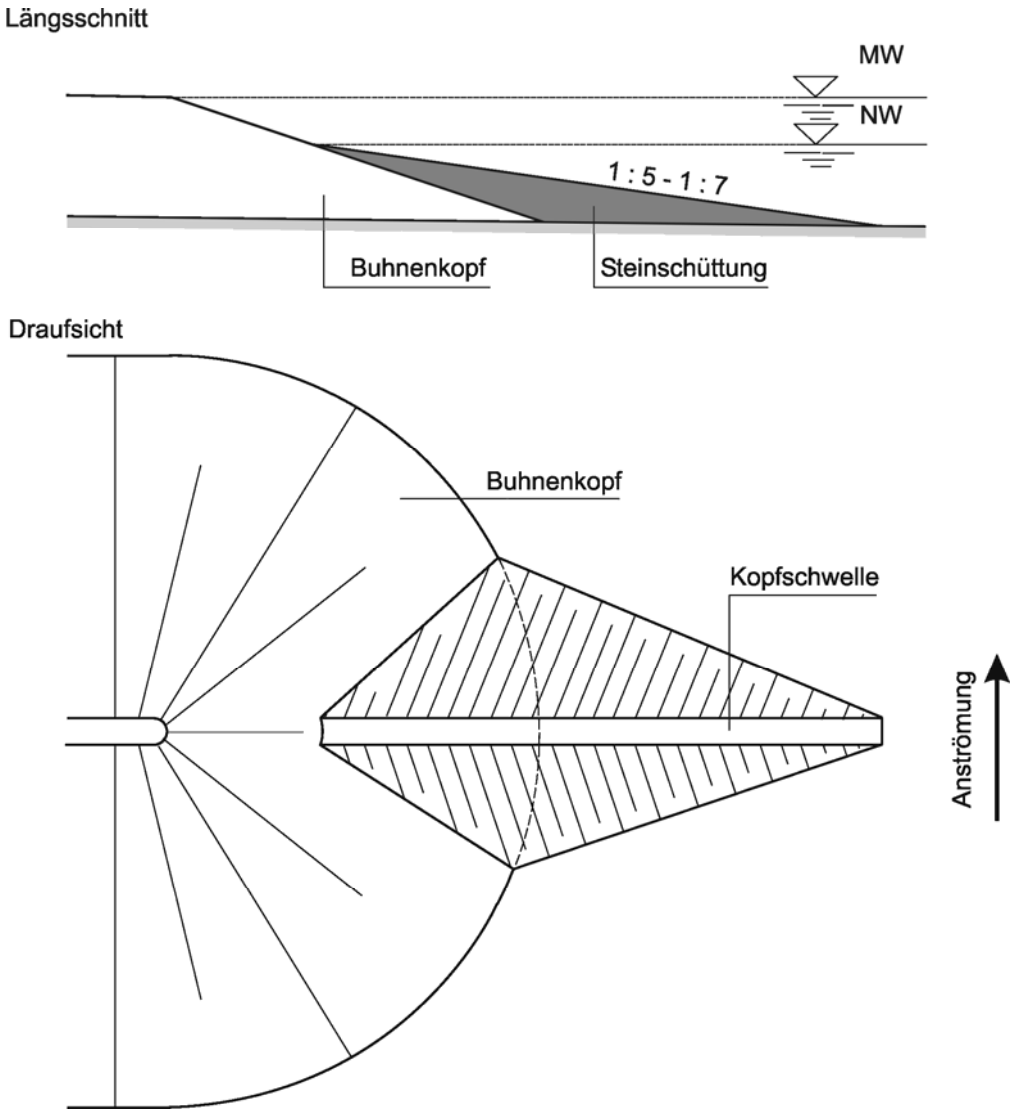
Die Niedrigwasserregelung ist eine zusätzliche Regelung der Wassertiefe. Durch noch stärkere Zusammenfassung der Abflüsse unter Niedrigwasser (NW) wird die Wassertiefe weiter vergrößert. Diese Regelung dient also ausschließlich der Schifffahrt. Bauwerke der Niedrigwasserregelung sind

- Kopfschwellen
- Stromschwellen
- Sohlschwellen

- Grundschwellen.

Kopfschwellen

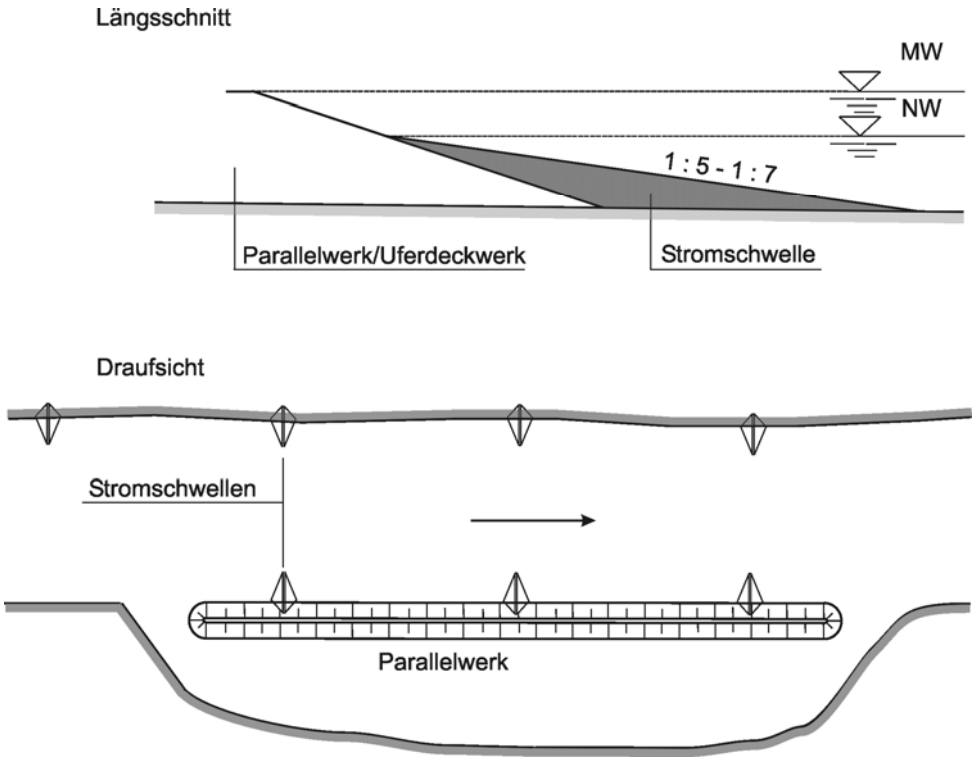
Kopfschwellen (Bild 12-12) sind unter dem Niedrigwasserstand (NW) angeordnet. Sie sind trapezförmige Bauwerke aus Schüttsteinen, die am Buhnenkopf angebaut werden. Ihre Breite beträgt ca. 1,0 m bei einer Längsneigung von 1 : 5 bis 1 : 7, die Neigungen der Seitenböschungen entsprechen denen der Buhne.



12-12 Kopfschwelle

Stromschwellen

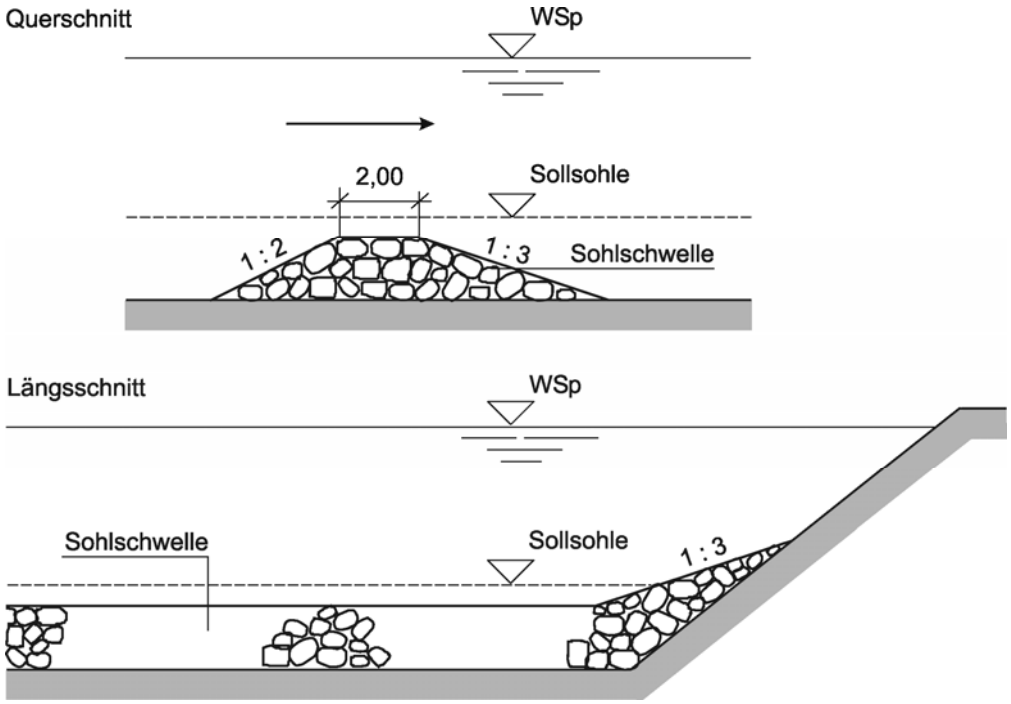
Stromschwellen (Bild 12-13) sind die gleichen Bauwerke wie Kopfschwellen, sie werden rechtwinklig an Parallelwerken oder Uferdeckwerken angebaut.



12-13 Stromschwellen

Sohlschwellen

Sohlschwellen (Bild 12-14) sind quer zur Fließrichtung liegende Bauwerke aus Steinschüttungen in der Sohle des Flusses. Deren Krone befindet sich unter der Sollsohle. Sie dienen dem Verbau übergroßer Tiefen.



12-14 Sohlschwelle

Grundschwellen

Grundschwellen sind quer zur Fließrichtung liegende Bauwerke aus Steinschüttungen in der Sohle des Flusses. Sie dienen der Befestigung der Sohle bei stärkerer Sohlenerosion. Die Bauausführung entspricht der der Sohlschwellen.

12.2 Stauregelung

12.2.1 Erfordernis einer Stauregelung

Das Anstauen des Wasserspiegels an freifließenden Flüssen wird aus Verkehrsgründen erforderlich, wenn

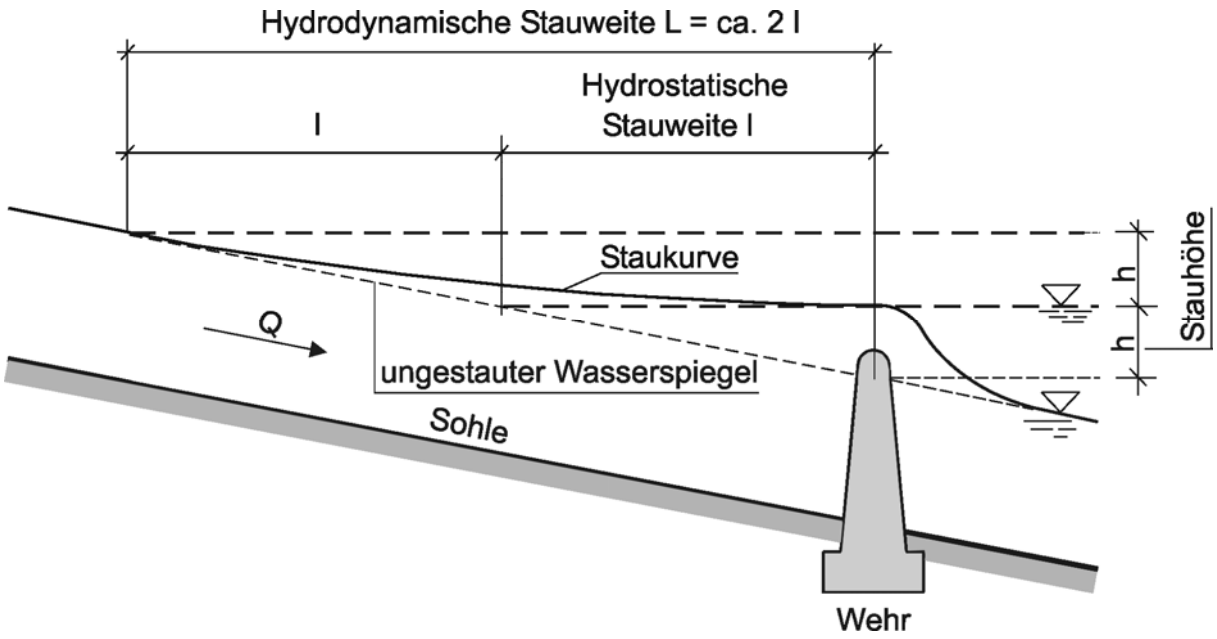
- durch Mittelwasser- und Niedrigwasser-Regelung und auch durch Zuschusswasser aus Talsperren die notwendige Fahrrinnentiefe nicht zu erzielen ist
- ein bereits regulierter Wasserlauf Schiffe größerer Tragfähigkeit als bisher tragen soll
- das Fließgefälle zu groß ist.

Unter einem Stau ist die Erhöhung des Wasserspiegels durch ein Abflusshindernis zu verstehen (Bild 12-16). Die Stauregelung eines Flusses dient zunächst der Schifffahrt, darüber hinaus ermöglicht sie

- die Gewinnung von elektrischer Energie
- eine verbesserte Bewässerung
- eine günstige Beeinflussung der Grundwasserstände
- die Behebung einer nachteiligen Erosion
- eine Verbesserung der Hochwasser-Abflussverhältnisse.

Ein Stau hat jedoch auch Nachteile:

- Reduzierung der Fließgeschwindigkeit
- hohe Anlage- und Unterhaltungskosten
- Zeitverluste der Schifffahrt durch Schleusungen
- je nach Höhe des Staus ist der Bau von Dämmen erforderlich
- die Vorflut einmündender Wasserläufe wird verschlechtert
- der Fischaufstieg wird erschwert
- Erosion unterhalb der Staustufe, da der Geschiebe- und Schwebstofftransport unterbunden wird.



12-16 Staubereich einer Stauhaltung

12.2.2 Begriffe

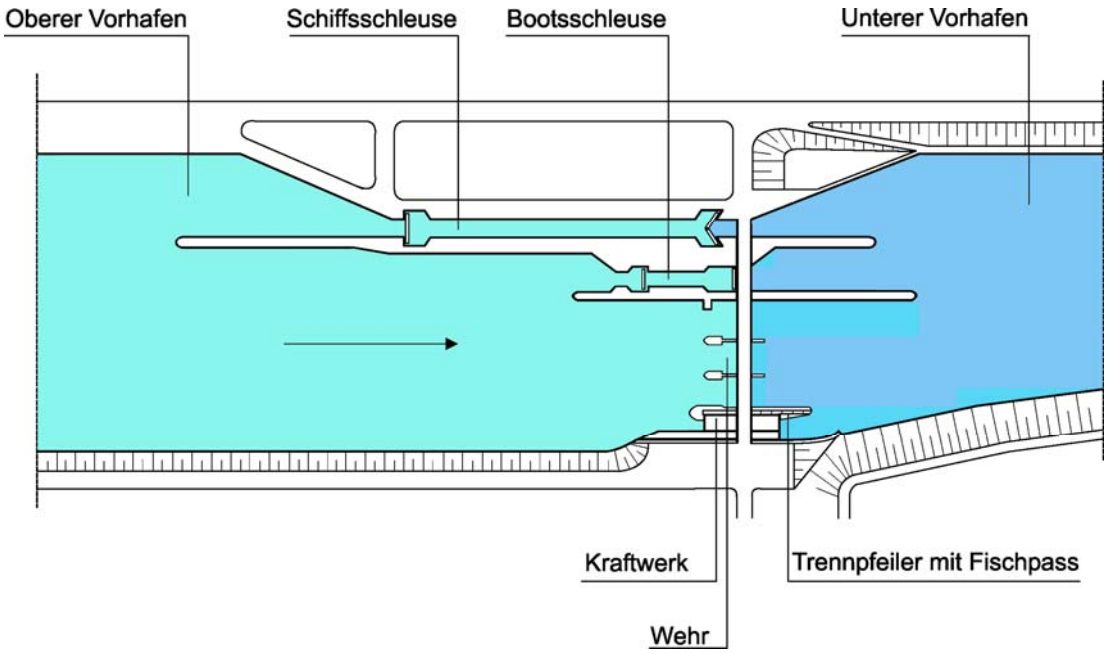
- Fallhöhe
  Höhenunterschied zwischen den Wasserspiegeln oberhalb und unterhalb des Wehrs.
- Stauhöhe
  Das Maß, um welches der Wasserspiegel durch das Stauwerk angehoben wurde.
- Stauziel
  Die Höhe, bis zu welcher der Wasserspiegel gestaut werden soll (Normalstau).
- Hydrostatischer Stauspiegel
  Ein Stau, der bei großer Stauhöhe und geringer Abflussmenge ein sehr kleines Wasserspiegelgefälle aufweist, das fast Null beträgt.
- Hydrodynamischer Stauspiegel
  Ein Stau, der bei messbarer Wassergeschwindigkeit besteht. Die hydrodynamische Stauweite ist ungefähr gleich der doppelten hydrostatischen Stauweite.
- Stauwurzel
  Oberstromiges Ende des Staubereichs.
- Staukurve
  Verlauf des gestauten Wasserspiegels im Längsprofil.
- Stauhaltung
  Strecke bis zur Stauwurzel.

12.2.3 Bauliche Anlagen einer Stauregelung

Ein Stau wird durch den Einbau von Wehren erzielt. Dabei wird der Fluss in einzelne Haltungen zerlegt. Als Staustufe wird die Anlage mit den erforderlichen Bauwerken bezeichnet (Bild 12-17):

- Wehr mit Revisionsverschluss
- Großschifffahrtsschleuse mit Vorhäfen und Revisionsverschluss
- Bootsschleuse, Bootsgasse oder Bootsschleppe
- Kraftwerk

- Fischwege (Auf- und Abstiegsanlagen)
- Seitendämme
- Ggf. Schöpfwerke.



12-17 Bauwerke einer Staustufe

12.2.4 Geschiebezugabe

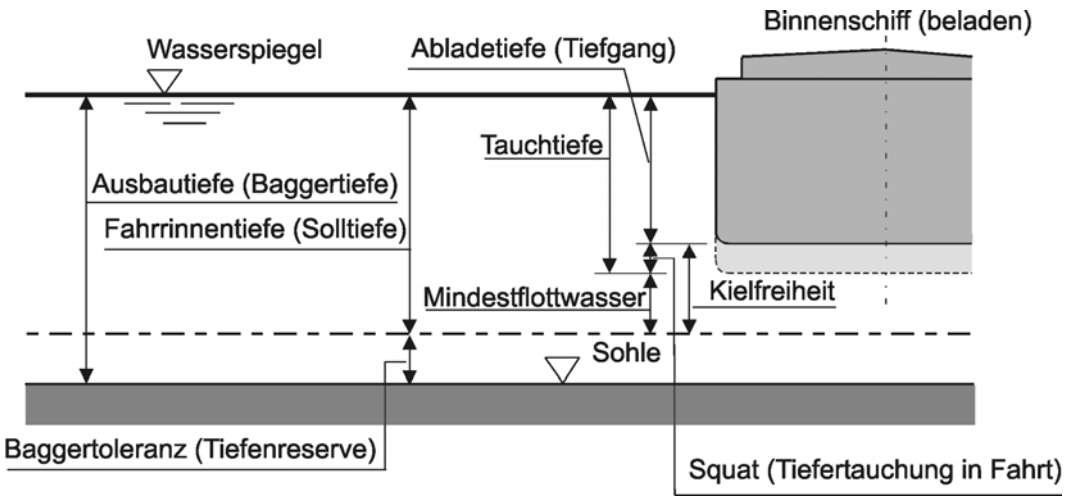
In einem Fluss wird natürlicherweise Geschiebe (Kies, Sand, Feinteile) aufgenommen und abtransportiert. Dieser Vorgang führt zur Erosion. Bei natürlichen Gewässern ist die Flusssohle mit Grobmaterial so weit stabilisiert, dass die Erosion nur langsam fortschreitet. Ist diese natürliche Sohlenstabilisierung unterbrochen, besteht die Gefahr einer schnellen Erosion. Die Staustufen eines staugeregelten Flusses wirken als Geschiebesperren, so dass unterhalb der letzten Staustufe ein Geschiebedefizit entsteht. Der Fluss versucht, sich das Geschiebe aus dem Abflussquerschnitt zu nehmen.
Um die Sohlenerosion zu verhindern, wird z. B. unterhalb der Staustufe Iffezheim/Oberrhein künstlich Geschiebe zugegeben. Die Körnung des Geschiebes entspricht der des dortigen natürlichen Sohlenmaterials. Durch diese Maßnahme konnte auf den Bau einer weiteren Staustufe verzichtet werden.

13 Schiff und Wasserstraße, Schifffahrtszeichen

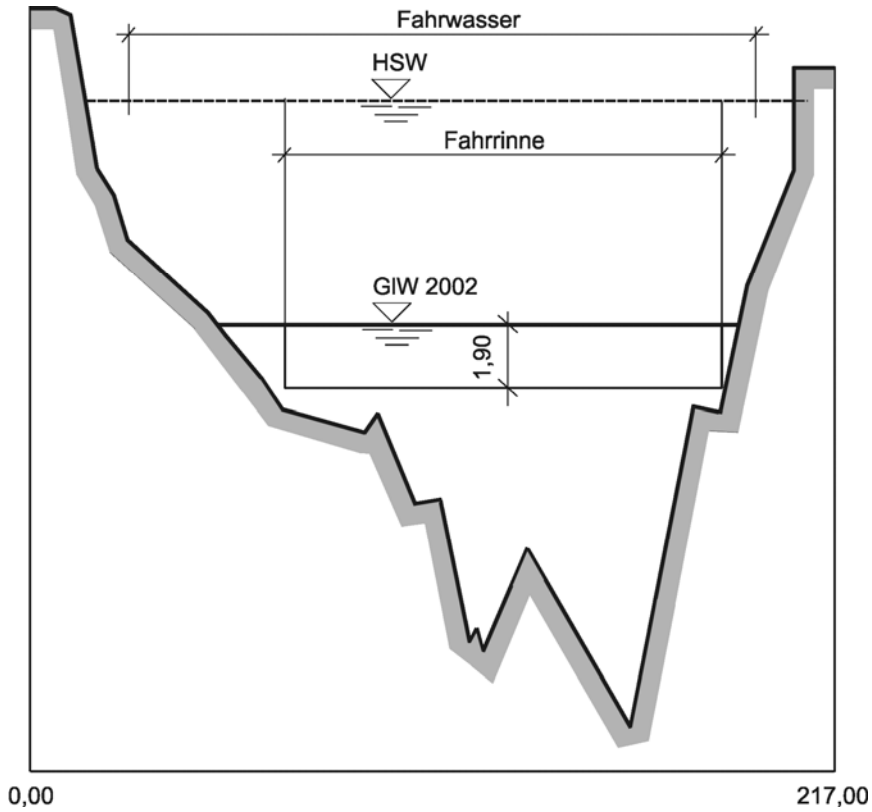
13.1 Begriffe (Bilder 13-1 und 13-2)

- Fahrwasser eines Flusses
  Das Fahrwasser kennzeichnet den gesamten befahrbaren Bereich eines Flusses. Die Breite des Fahrwassers verändert sich je nach dem Wasserstand. Außerhalb der Fahrrinne werden nur eine eingeschränkte Unterhaltung sowie Verkehrssicherung durchgeführt.
- Fahrrinne eines Flusses
  Teil des Fahrwassers, in dem für den durchgehenden Schiffsverkehr bestimmte Breiten und Tiefen vorhanden sind, deren Erhaltung im Rahmen des Möglichen und Zumutbaren angestrebt wird.
- Wassertiefe
  Lotrechter Abstand eines Punktes im Wasserspiegel vom Gewässerbett.

- Ausbautiefe
  Wassertiefe unter einem bestimmten Bezugswasserspiegel, die dem Wasserstraßenausbau als Planungsziel zugrunde liegt.
- Solltiefe
  Wassertiefe unter einem bestimmten Bezugswasserspiegel (z. B. GlW), deren Erhaltung angestrebt wird.
- Fahrrinnentiefe
  Solltiefe der Fahrrinne.
- Tiefenreserve
  Spielraum unterhalb der Fahrrinnentiefe für Veränderungen der Gewässersohle, um die Fahrrinnentiefe leichter erhalten zu können.
- Untiefe
  Örtlich begrenzter Bereich einer Wasserstraße, der wegen seiner geringen Wassertiefe für den Schiffsverkehr gefährlich ist.
- Übertiefe
  Bereich einer Wasserstraße mit einer Wassertiefe, die größer als die Solltiefe ist.
- Regelschiff
  Schiff, dessen Maße der Bemessung von Wasserstraßen und Schifffahrtsanlagen zugrunde gelegt werden.
- Tiefgang
  Abstand zwischen dem tiefsten Punkt eines Schiffes in Ruhe und der Ebene des Wasserspiegels.
- Abladetiefe
  Der einem bestimmten Beladungszustand entsprechende Tiefgang eines Schiffes.
- Leertauchung
  Abladetiefe eines Schiffes in Bezug auf die Leerebene, d. h. ohne Nutzladung.
- Größte Eintauchung (auch: max. Abladetiefe)
  Abladetiefe eines Schiffes in Bezug auf die obere Eichebene.
- Squat
  Maß, um das ein Schiff während der Fahrt infolge seiner Verdrängungsströmung zusätzlich in das Wasser eintaucht.
- Tauchtiefe
  Summe aus Tiefgang und Einsinktiefe.
- Flottwasser
  Unterschied zwischen einer örtlich vorhandenen Wassertiefe und der Tauchtiefe.
- Kielfreiheit
  Unterschied zwischen Fahrrinnentiefe und Tiefgang.
- Baggertiefe
  Arbeitstiefe eines Baggers in Abhängigkeit vor allem von Bodenbeschaffenheit und Wasserspiegelschwankungen, um eine zugelassene Baggertoleranz unterhalb der Abnahmetiefe (Mindesttiefe) einzuhalten.



13-1 Schiff und Fahrrinne



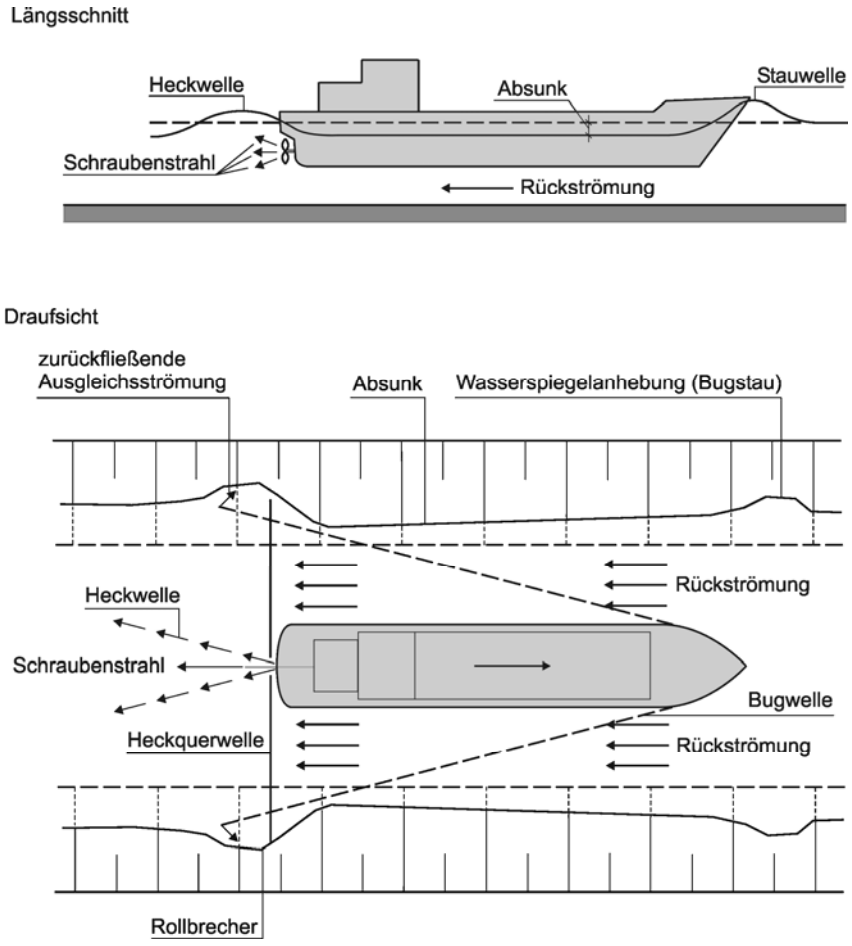
13-2 Fahrrinne und Fahrwasser (Querprofil bei Rhein-km 553,400 (Überhöhte Darstellung)

13.2 Wechselwirkung Schiff - Wasserstraße

Ein auf einem Kanal oder Fluss fahrendes Schiff beansprucht die Sohle und die Ufereinfassung der Wasserstraße, seine Fahrdynamik wird aber auch durch die Wasserstraße beeinflusst. Maßgebliche Faktoren dabei sind insbesondere das Querschnittsverhältnis Schiff/Wasserstraße (beim Kanal), das Squat, die Wellen und der Propellerstrahl (Bild 13-3).

Das fahrende Schiff erzeugt vor dem Bug einen Aufstau mit einer Bugwelle, die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers unter dem Schiff führt zu einem Absunk des Schiffes (Squat) und mit dem Auffüllen des Gewässerquerschnittes am Heck entsteht eine Heckwelle. Das gestaute Wasser strömt mit dem Rück-

strom zum Heck. Bug- und Heckwelle laufen mit gleichbleibender Höhe zum Ufer, wo die Wellenlänge mit abnehmender Wassertiefe kürzer wird. Die Abfolge aus Bugwellen, Wasserspiegelabsunk und Heckwellen hat etwa die Länge des Schiffes und wird Primärwellensystem genannt. Die kurzperiodischen Wellen, die an Bug und Heck entstehen, werden als Sekundärwellensystem bezeichnet.
Die durch die Wellenbildung hervorgerufenen Kräfte wirken sich vor allem beim Überhol- und Begegnungsverkehr auf die Lage des Schiffes aus.
Die Sohle und die Uferböschung erfahren eine hydraulische Belastung durch den Absunk des Schiffes, die Bug- und Heckwelle sowie den Rückstrom. In ungedichteten Bereichen kann dann ein Porenwasserüberdruck entstehen, der zu einer Ausspülung des Unterbaus führen kann.
Der Schraubenstrahl kann bei geringem Sohlabstand eine Umlagerung des Sohlenmaterials verursachen.



13-2 Hydraulische Belastung einer Böschung durch das fahrende Schiff

13.3 Schifffahrtszeichen

13.3.1 Grundlagen

Schifffahrtszeichen sind Anlagen für die Sicherung und Erleichterung des Schiffsverkehrs sowie für den Schutz der Wasserstraße und von Anlagen an der Wasserstraße. Durch Schifffahrtszeichen soll dem Schiffsführer ermöglicht werden,

- bestimmte Wassertiefen (Fahrrinne, Fahrwasser) einzuhalten
- Berührung mit natürlichen und künstlichen Hindernissen zu vermeiden

- Anweisungen und Hinweise für eine Strecke der Wasserstraße zu beachten, die der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer oder dem Schutz der Wasserstraße dienen
- Verkehrsregelungen zu erkennen
- Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern zu vermeiden
- nautische Informationen zu erhalten.

Das Setzen und Betreiben von Schifffahrtszeichen, die für die Schifffahrt auf Bundeswasserstraßen gelten, sind nach § 34 WaStrG Hoheitsaufgaben des Bundes.
Die Art und Ausführung der Schifffahrtszeichen, die von der WSV ausgelegt oder aufgestellt werden, sind in den Polizeiverordnungen geregelt.

Begriffe

- Fahrwasser (See)
  sind die Teile der Wasserfläche, die durch laterale Schifffahrtszeichen begrenzt oder gekennzeichnet sind oder die, soweit sie nicht gekennzeichnet sind, auf den Binnenwasserstraßen für die durchgehende Schifffahrt bestimmt sind.
- Fahrwasser (Binnen)
  ist der Teil der Wasserstraße, der vom durchgehenden Schiffsverkehr benutzt wird.
- Fahrrinne (Binnen)
  ist der Teil des Fahrwassers, in dem für den durchgehenden Schiffsverkehr bestimmte Breiten und Tiefen vorhanden sind, deren Erhaltung im Rahmen des Möglichen und Zumutbaren angestrebt wird.
- Steuerbordseiten der Fahrwasser (See)
  sind die Seiten, die bei den von See einlaufenden Fahrzeugen an Steuerbord liegen.
- „Rechte Seite“/„linke Seite“ (Binnen)
  ist die entsprechende Seite des Fahrwassers bzw. der Fahrrinne, bezogen auf die Richtung „Talfahrt“.
- Bergfahrt
  bedeutet auf Flüssen die Richtung zur Quelle, auf Schifffahrtskanälen die Richtung, die in den Polizeiverordnungen für die einzelnen Binnenschifffahrtsstraßen als „Bergfahrt“ bezeichnet ist.
- Laterale Schifffahrtszeichen
  bezeichnen die Seiten des Fahrwassers (See) bzw. der Fahrrinne (Binnen).
- Kardinale Schifffahrtszeichen
  bezeichnen eine allgemeine Gefahrenstelle. Sie zeigen kompassbezogen an, in welcher Richtung von der Gefahrenstelle aus die Passierseite liegt.
- Kennung
  Um Leuchtfeuer unterscheiden zu können, werden verschiedenartige Lichterscheinungen und Lichtfarben gewählt, aus denen die Kennung des Feuers gebildet wird. Jede Leuchttonne hat eine besondere Kennung, die (für Seeschifffahrtsstraßen) auf der Seekarte angegeben ist.
- Feuer
  ist ein Licht mit Kennung, das der Befeuerung dient.
- Festfeuer
  ist eine ununterbrochene Lichterscheinung von gleichbleibender Stärke und Farbe.
- Taktfeuer
  ist ein in kennzeichnendem Rhythmus aufleuchtendes Feuer mit regelmäßiger Wiederkehr.
  - Unterbrochenes Feuer
    Weiße oder farbige Scheine zwischen Verdunkelungen
  - Gleichtaktfeuer

Schein und Verdunkelung sind gleich lang

- Blitzfeuer
  ist ein Aufleuchten von höchstens zwei Sekunden Dauer (weiße oder farbige Blitze)
  Funkelfeuer
  Sehr schnell aufeinander folgende weiße oder farbige Blitze
- Blinkfeuer
  Bei einem Blinkfeuer (weiße oder farbige Blinke) ist die Dauer der Lichterscheinung kürzer als die Verdunkelung.

- Seefeuer
  Ein Seefeuer zeigt dem Seefahrer mit einem weißen Rundumlicht die Küste.
- Orientierungsfeuer
  Ein Orientierungsfeuer hat eher eine regionale Aufgabe. Es dient der genauen Positionsbestimmung entlang einer Küstenlinie.
- Richtfeuer (Bild 13-22)
  Ein Richtfeuer besteht aus Ober- und Unterfeuer. Werden beide Feuer in Deckung gebracht, befindet sich das Fahrzeug in der Mitte des Fahrwassers.
- Leitfeuer (Bild 13-21)
  Ein Leitfeuer ist ein Sektorenfeuer mit verschiedenen Kennungen (Leitsektor und Warnsektoren), das das Fahrwasser oder eine Hafeneinfahrt bezeichnet.
- Quermarkenfeuer
  Quermarkenfeuer sind Feuer, die etwa querab zur Fahrtrichtung durch Übergang von einer Farbe oder Kennung in eine andere Kursänderungsbereiche bezeichnen.
- Torfeuer sind zwei Feuer, die zu beiden Seiten der Fahrwasserachse einander gegenüber stehen und von der Fahrwasserachse gleich weit entfernt angeordnet sind.
- Molenfeuer/Einfahrtsfeuer
  Diese Feuer kennzeichnen Einfahrten in enge Schiffspassagen.

Bezeichnungssystem

Durch Schifffahrtszeichen werden bezeichnet:

- Fahrwasser bzw. Fahrrinne durch
  - laterale Zeichen (seitenbezogen)
  - kardinale Zeichen (kompassbezogen)
- Gefahrenstellen
- Bauwerke (Buhnen, Brücken, Schleusen usw.)
- Fahrwasser bzw. Fahrrinne durch Zeichen zur Verkehrsregelung und Verkehrsberatung
  - Verbotszeichen
  - Gebotszeichen
  - Zeichen für Einschränkungen
  - Empfehlungszeichen, Hinweiszeichen
  - Zusatzzeichen (z. B. km-Zeichen, Pfeile oder Aufschriften).

Schifffahrtszeichen nach der Art der Ausführung

- Schwimmende visuelle Schifffahrtszeichen
  - Tonnen (mit Toppzeichen, das in der Regel als Radarreflektor gestaltet ist, ggf. mit Beleuchtung), unbemannte Feuerschiffe, Schwimmstangen, Wahrschauflöße
- Feste visuelle Schifffahrtszeichen

- Baken, Pricken, Stangen, Tafeln, Flaggen, Bälle, Kegel, Zylinder
- Signallichtanlagen an beweglichen Brücken, Sperrwerken, Schleusen, zur Verkehrslenkung (Weichen am NOK, Gebirgsstrecke des Rheins, Elbe in Magdeburg)
- Leuchttürme, Leuchtfeuer, Seefeuer, Orientierungsfeuer, Richtfeuer, Leitfeuer, Quermarkenfeuer, Torfeuer, Einfahrtsfeuer, Molenfeuer
- Schifffahrtsanzeiger (Brückenpegel, Wasserstandsanzeiger, Windanzeiger)

- Auditive Schifffahrtszeichen
  - Schallsignale
- Funktechnische Schifffahrszeichen
  - Funkfeuer
  - Radarreflektoren (Tonnen, Brücken, Freileitungen).

13.3.2 Schifffahrtszeichen an Binnenschifffahrtsstraßen

Schifffahrtszeichen zur Bezeichnung der Fahrrinne/des Fahrwassers

Allgemeines

Schifffahrtszeichen zur Bezeichnung der Wasserstraße, der Fahrrinne und von gefährlichen Stellen und Hindernissen im und am Fahrwasser werden nicht durchgehend gesetzt.

Schwimmende Schifffahrtszeichen werden etwa 5 m außerhalb der zu bezeichnenden Begrenzungen verankert. Buhnen und Parallelwerke können durch schwimmende oder feste Schifffahrtszeichen bezeichnet sein. Diese sind im Allgemeinen vor, zwischen oder auf den Buhnenköpfen und Parallelwerken angebracht.

Toppzeichen sind in der Regel als Radarreflektoren ausgebildet.

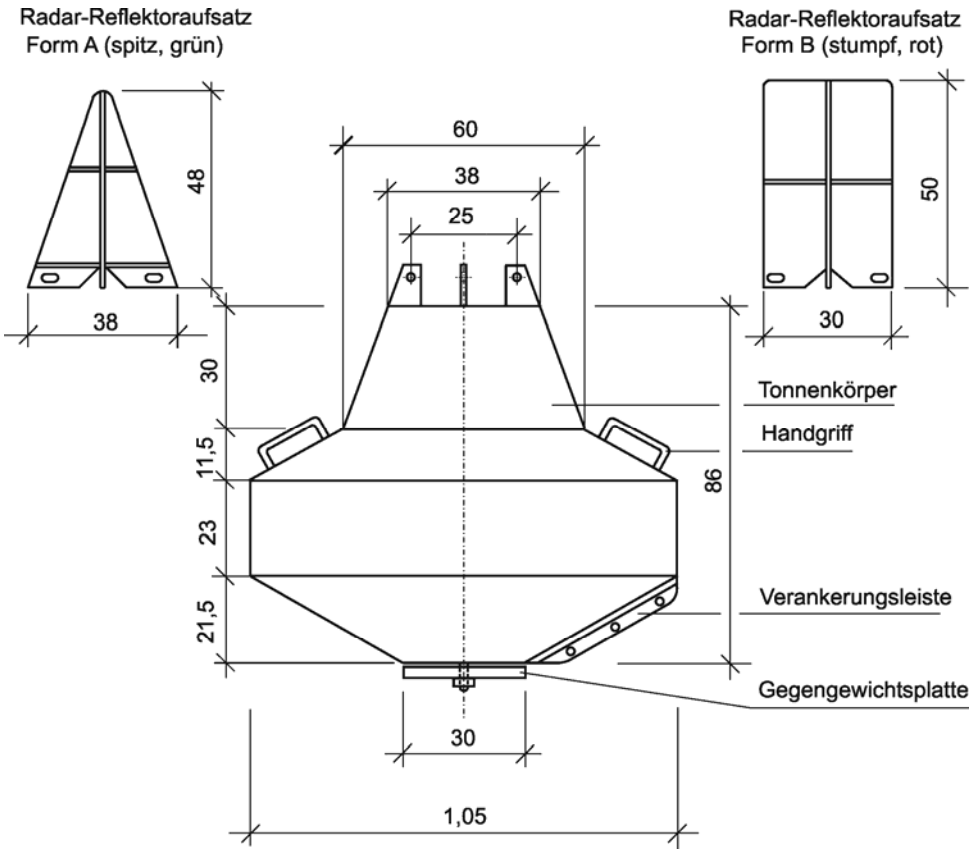
Die Zeichen können durch Taktfeuer ergänzt werden.

Auf die Angabe der jeweiligen Kennungen wird bei den nachfolgenden Erläuterungen verzichtet.

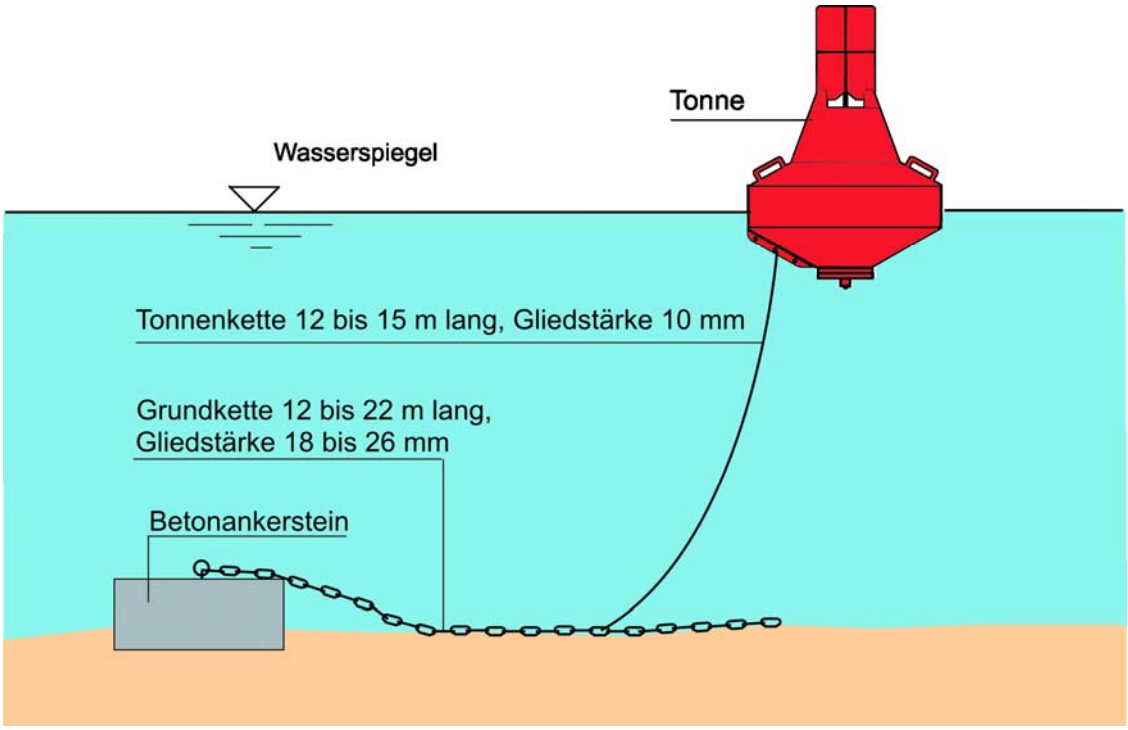
Einheitstonne

Als schwimmendes Schifffahrtszeichen an Binnenschifffahrtsstraßen wird in der Regel die sog. Einheitstonne (Bild 13-4) verwendet. Auf größeren Wasserflächen mit höherem Wellengang wie z. B. dem Müritzsee oder dem Schweriner See werden die größeren Seetonen ausgelegt.

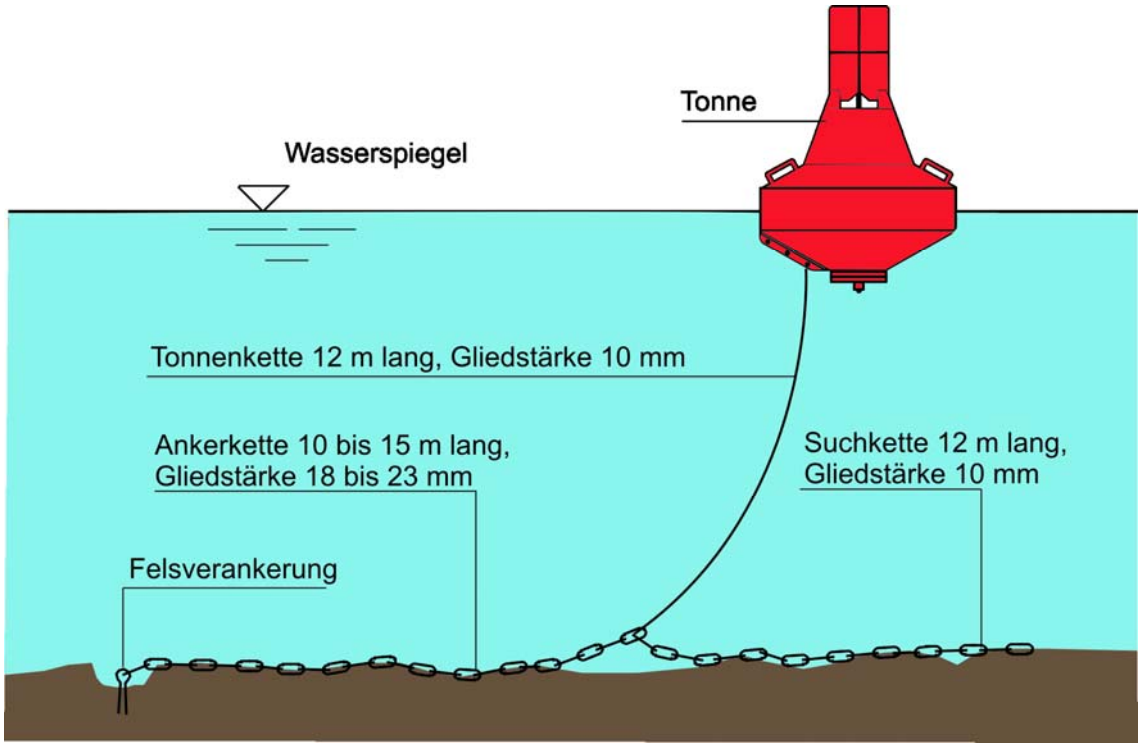
Als Tonnenverankerung werden Anker, Ankersteine oder Felsverankerungen verwendet (Bilder 13-5 und 13-6).



13-4 Einheitstonne



13-5 Tonnenverankerung auf kiesiger Flusssohle in schnell strömenden Gewässern



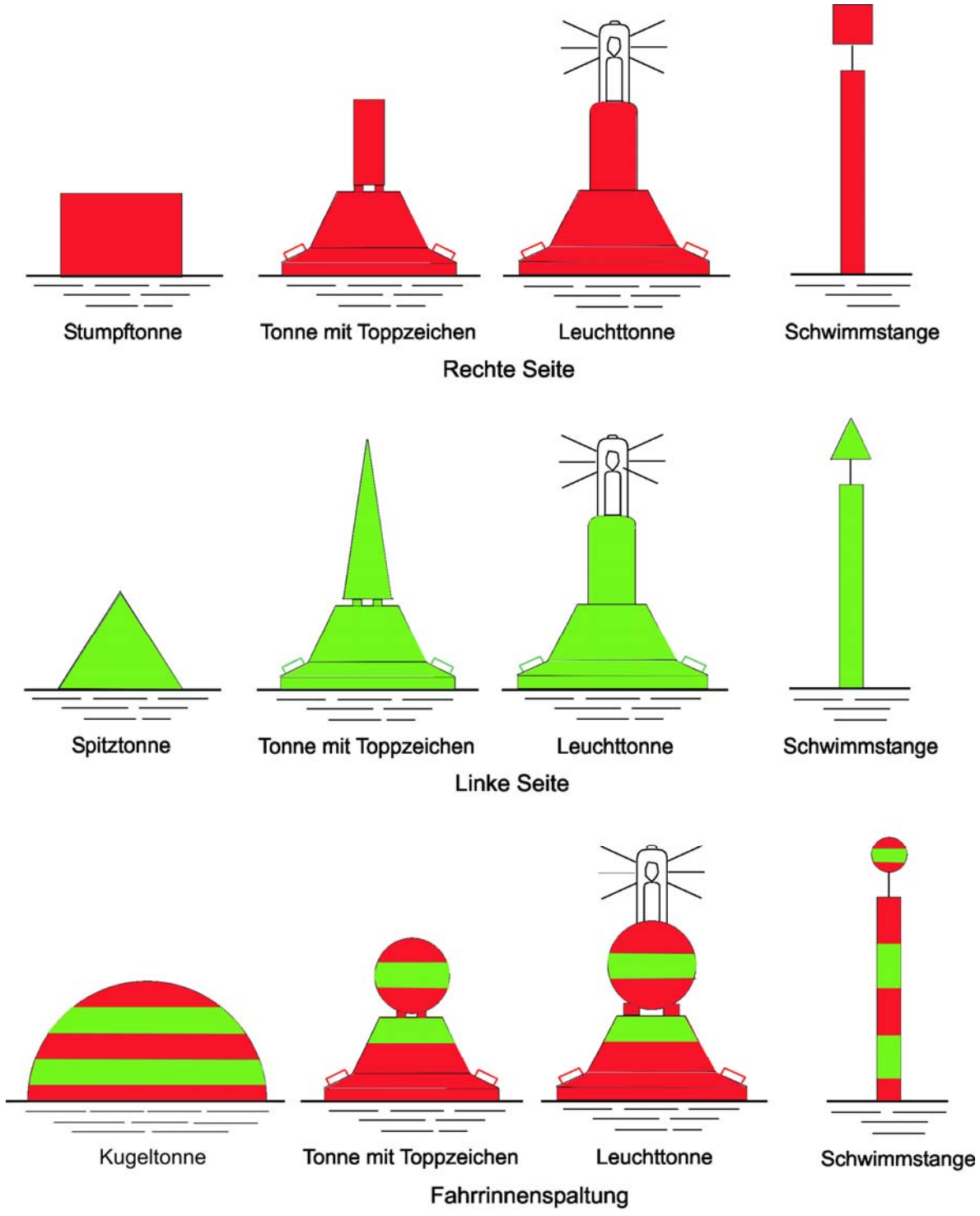
13-6 Tonnenverankerung auf felsiger Flusssohle

Bezeichnung der Fahrrinne durch schwimmende Zeichen

- Rechte Seite (Bilder 13-7 und 13-17)
  Farbe: rot
  Form: Stumpftonne, Tonne mit Toppzeichen, Leuchttonne, Schwimmstange
  Toppzeichen: roter Zylinder
  Feuer (wenn vorhanden): rotes Taktfeuer

- Linke Seite (Bilder 13-7 und 13-17)
  Farbe: grün
  Form: Spitztonne, Tonne mit Toppzeichen, Leuchttonne, Schwimmstange
  Toppzeichen: grüner Kegel, Spitze oben
  Feuer (wenn vorhanden): grünes Taktfeuer

- Spaltung (Bilder 13-7 und 13-17)
  Farbe: rot-grün waagerecht gestreift
  Form: Kugeltonne, Tonne mit Toppzeichen, Leuchttonne, Schwimmstange
  Toppzeichen: rot-grün waagerecht gestreifter Ball
  Feuer (wenn vorhanden): weißes Funkel- oder Gleichtaktfeuer

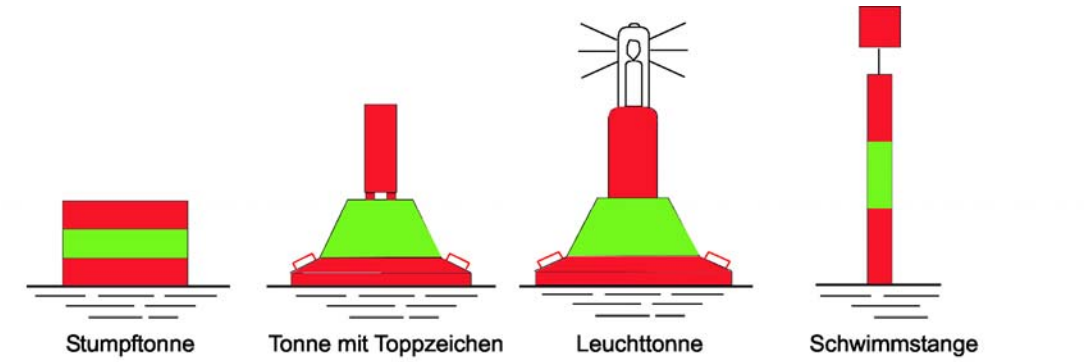


13-7 Bezeichnung der Fahrrinne durch schwimmende Schifffahrtszeichen

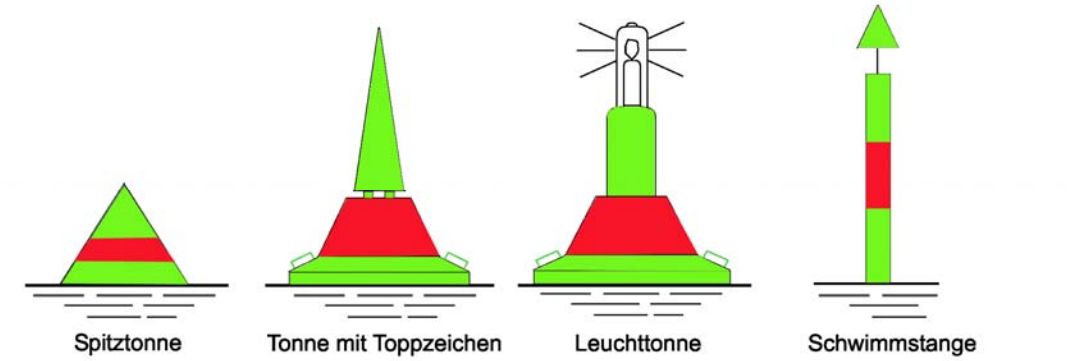
- Abzweigung, Einmündung, Hafeneinfahrt (Bild 13-8 und 13-17)
  - Rechte Seite der durchgehenden Fahrrinne/linke Seite der abzweigenden oder einmündenden Fahrrinne

Farbe: rot mit einem waagerechten grünen Streifen
Form: Stumpftonne, Tonne mit Toppzeichen, Leuchttonne, Schwimmstange
Toppzeichen: roter Zylinder
Feuer (wenn vorhanden): rotes Blitzfeuer

- Linke Seite der durchgehenden Fahrrinne/rechte Seite der abzweigenden oder einmündenden Fahrrinne
  Farbe: grün mit einem waagerechten roten Streifen
  Form: Spitztonne, Tonne mit Toppzeichen, Leuchttonne, Schwimmstange
  Toppzeichen: grüner Kegel, Spitze oben
  Feuer (wenn vorhanden): grünes Blitzfeuer



Rechte Seite der durchgehenden Fahrrinne/linke Seite der abzweigenden oder einmündenden Fahrrinne



Linke Seite der durchgehenden Fahrrinne/rechte Seite der abzweigenden oder einmündenden Fahrrinne

13-8 Abzweigung, Einmündung, Hafeneinfahrt

Bezeichnung des Fahrwassers und von Hindernissen (Buhnen, Leitdämme, Uferböschungen) durch feste Zeichen (Bilder 13-9 und 13-17)

- Rechte Seite
  Farbe: rot
  Form: Stange mit Toppzeichen
  Toppzeichen: roter Kegel, Spitze unten
  Feuer (wenn vorhanden): rotes Taktfeuer

- Linke Seite
  Farbe: grün
  Form: Stange mit Toppzeichen
  Toppzeichen: grüner Kegel, Spitze oben
  Feuer (wenn vorhanden): grünes Taktfeuer

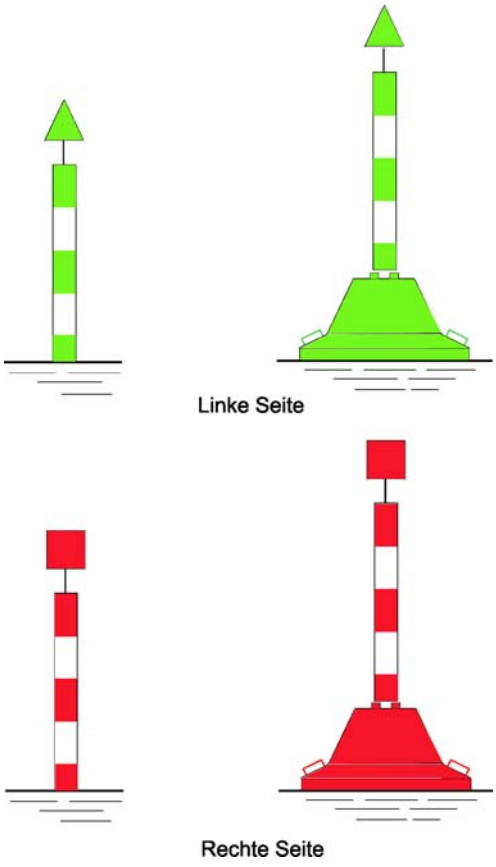
- Spaltung
  Farbe: rot-grün
  Form: Stange mit Toppzeichen
  Toppzeichen: roter Kegel, Spitze unten, über grünem Kegel, Spitze oben
  Feuer (wenn vorhanden): weißes Funkel- oder Gleichtaktfeuer.

13-9 Bezeichnung der Wasserstraße sowie von Hindernissen in oder an der Wasserstraße durch feste Zeichen

Bezeichnung von Hindernissen durch schwimmende Zeichen (Bild 13-10)

- Rechte Seite
  Farbe: rot-weiß waagerecht gestreift
  Form: Spierentonne, Leuchttonne, Schwimmstange
  Toppzeichen: roter Zylinder
  Feuer (wenn vorhanden): rotes Taktfeuer

- Linke Seite
  Farbe: grün-weiß waagerecht gestreift
  Form: Spierentonne, Leuchttonne, Schwimmstange
  Toppzeichen: grüner Kegel, Spitze oben
  Feuer (wenn vorhanden): grünes Taktfeuer



13-10 Schwimmende Zeichen zur Bezeichnung von Hindernissen

Bezeichnung von gefährlichen Stellen und Hindernissen in Seen und seeartigen Erweiterungen
Kardinalzeichen (Bild 13-11)

Eine allgemeine Gefahrenstelle ist mit einem oder mehreren Kardinalzeichen bezeichnet, die für die verschiedenen Quadranten den Bezug zur Lage der Gefahrenstelle angeben.
Die vier Quadranten (Nord, Ost, Süd und West) werden durch die vom Bezugspunkt ausgehenden Richtungen NW-NO, NO-SO, SO-SW und SW-NW begrenzt.
Ein Kardinalzeichen wird nach dem Quadranten bezeichnet, in dem es liegt. Der Name des Kardinalzeichens sagt aus, dass an der Seite des Zeichens vorbeigefahren werden soll, nach der es benannt ist. Kardinalzeichen zeigen also die Passierseite des Bezugsobjektes in Kompassrichtung an.

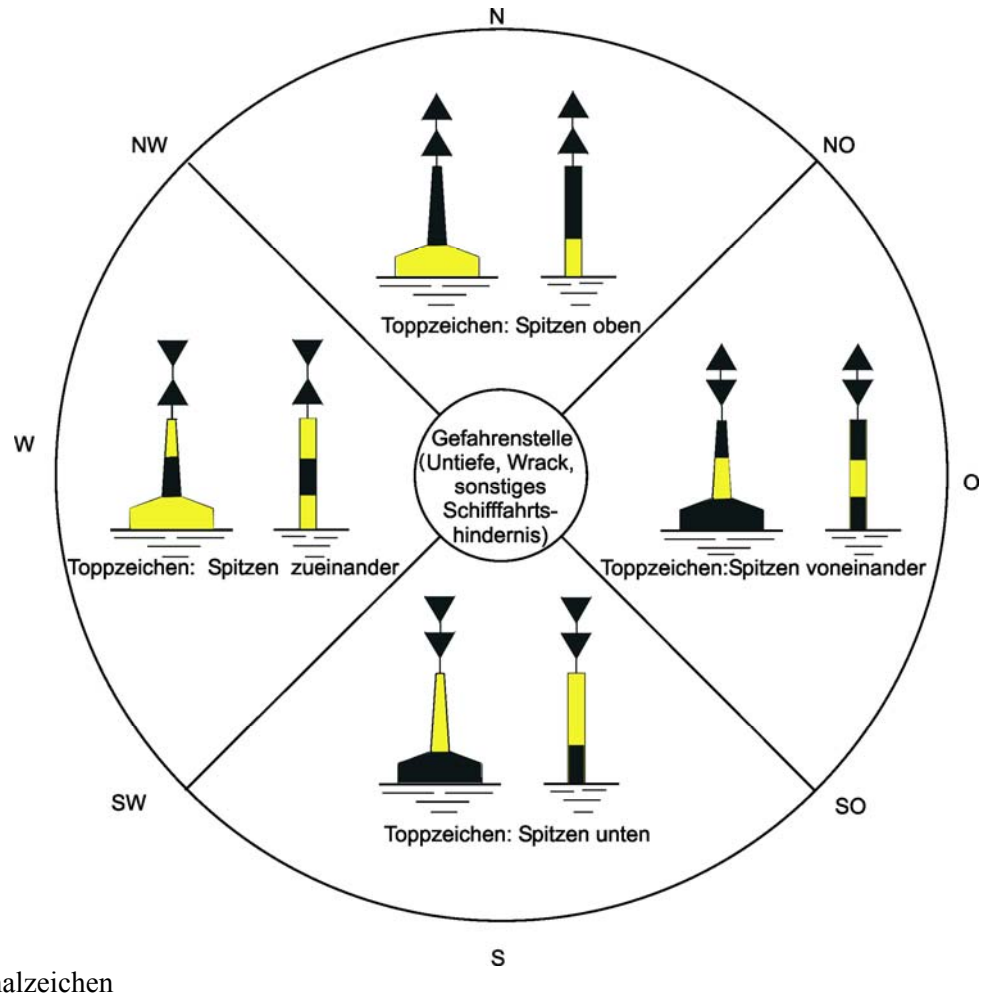
- Nord-Kardinalzeichen
  Farbe: schwarz über gelb
  Form: Bake oder Spiere mit Toppzeichen
  Toppzeichen: zwei schwarze Kegel übereinander, Spitzen oben
  Feuer (wenn vorhanden): weißes Funkelfeuer

- Ost-Kardinalzeichen
  Farbe: schwarz mit einem breiten waagerechten gelben Streifen
  Form: Bake oder Spiere mit Toppzeichen
  Toppzeichen: zwei schwarze Kegel übereinander, Spitzen voneinander
  Feuer (wenn vorhanden): weißes Funkelfeuer

- Süd-Kardinalzeichen

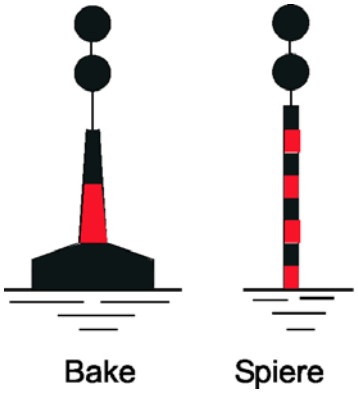
Farbe: gelb über schwarz
Form: Bake oder Spiere mit Toppzeichen
Toppzeichen: zwei schwarze Kegel übereinander, Spitzen unten
Feuer (wenn vorhanden): weißes Funkelfeuer

- West-Kardinalzeichen
  Farbe: gelb mit einem breiten waagerechten schwarzen Streifen
  Form: Bake oder Spiere mit Toppzeichen
  Toppzeichen: zwei schwarze Kegel übereinander, Spitzen zueinander
  Feuer (wenn vorhanden): weißes Funkelfeuer

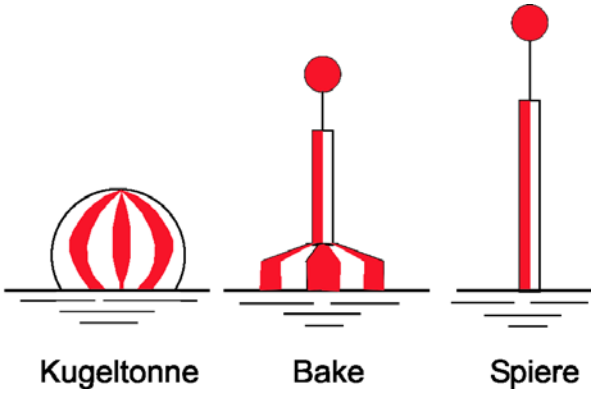


13-11 Kardinalzeichen

Einzelgefahrzeichen (Bild 13-12)
Ein Einzelgefahrzeichen wird über einer Einzelgefahr ausgelegt. Die Gefahrenstelle kann an allen Seiten passiert werden.
Farbe: schwarz mit einem oder mehreren breiten waagerechten roten Streifen
Form: Bake oder Spiere mit Toppzeichen
Toppzeichen: zwei schwarze Bälle übereinander
Feuer (wenn vorhanden): weißes Blitzfeuer



13-12 Einzelgefahrzeichen



13-13 Mittefahrwasserzeichen

Bezeichnung der Mitte des Fahrwasssers (Bild 13-13)
An beiden Seiten des Zeichens ist eine der zugelassenen Abladetiefe entsprechende Wassertiefe vorhanden.
Farbe: rot-weiß senkrecht gestreift
Form: Kugeltonne, Bake oder Spiere mit Toppzeichen
Toppzeichen: roter Ball
Feuer (wenn vorhanden): weißes Taktfeuer.

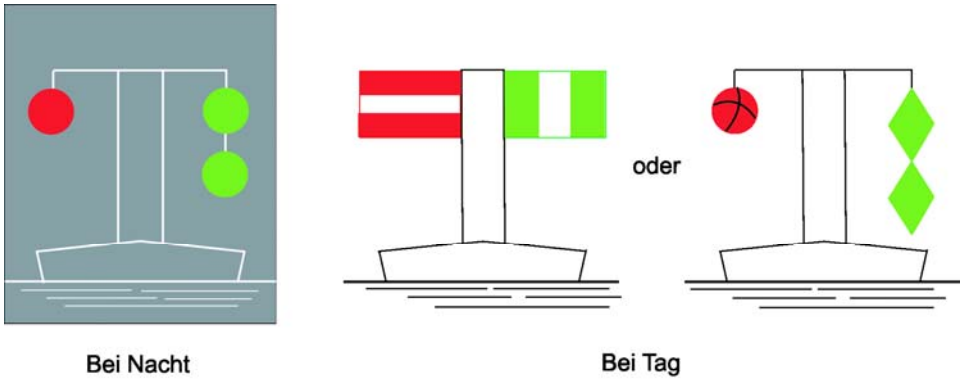
Zusätzliche Bezeichnung einer Fahrwasserstrecke und einer Ansteuerung durch Leitfeuer
Leitfeuer sind Einzelfeuer, die durch Sektoren verschiedener Farbe und Kennung ein Fahrwasser bezeichnen. Die Fahrwasserstrecke ist identisch mit einem weißen Sektor des Leitfeuers.
Feuer: weißes Taktfeuer mit Warnsektoren rot und grün

Bezeichnung einer Fahrwassereinfahrt
Ein Einfahrtzeichen dient der Kennzeichnung von Einfahrten von einem See oder einer seeartigen Erweiterung in einen verhältnismäßig engeren Wasserstraßenabschnitt.
Farbe: weiß-schwarz gestreift oder schwarz-weiß gestreift
Form: Stange mit Toppzeichen
Toppzeichen: rechtes Ufer: Raute aus senkrechtem Lattenwerk; linkes Ufer: Raute aus waagerechtem Lattenwerk
Feuer (wenn vorhanden): rechtes Ufer: rotes Taktfeuer; linkes Ufer: grünes Taktfeuer.

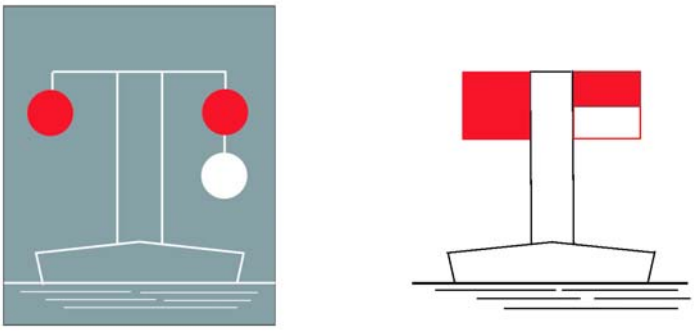
Weitere Möglichkeiten zur Anwendung von Schifffahrszeichen nach den Polizeiverordnungen

- Bezeichnung von gefährlichen Stellen und Hindernissen in der Wasserstraße (Bild 13-14)
  - Vorbeifahrt ohne Herabsetzung der Geschwindigkeit auf der freien Seite zugelassen
    Gesperrte Seite: Verbotszeichen A.1 („Verbot der Durchfahrt“) oder roter Ball, bei Nacht ein rotes Feuer
    Freie Seite: Hinweiszeichen E.1 („Erlaubnis zur Durchfahrt“) oder zwei grüne Doppelkegel übereinander, bei Nacht zwei
    grüne Festfeuer übereinander
    Vorbeifahrt nur mit Herabsetzung der Geschwindigkeit auf der freien Seite zugelassen
    Gesperrte Seite: Rote Flagge oder Tafel, bei Nacht ein rotes Festfeuer

Freie Seite: Rote Flagge oder Tafel über einer weißen Flagge oder Tafel, bei Nacht ein rotes Festfeuer über einem weißen Festfeuer



Vorbeifahrt ohne Herabsetzung der Geschwindigkeit auf der freien Seite zugelassen



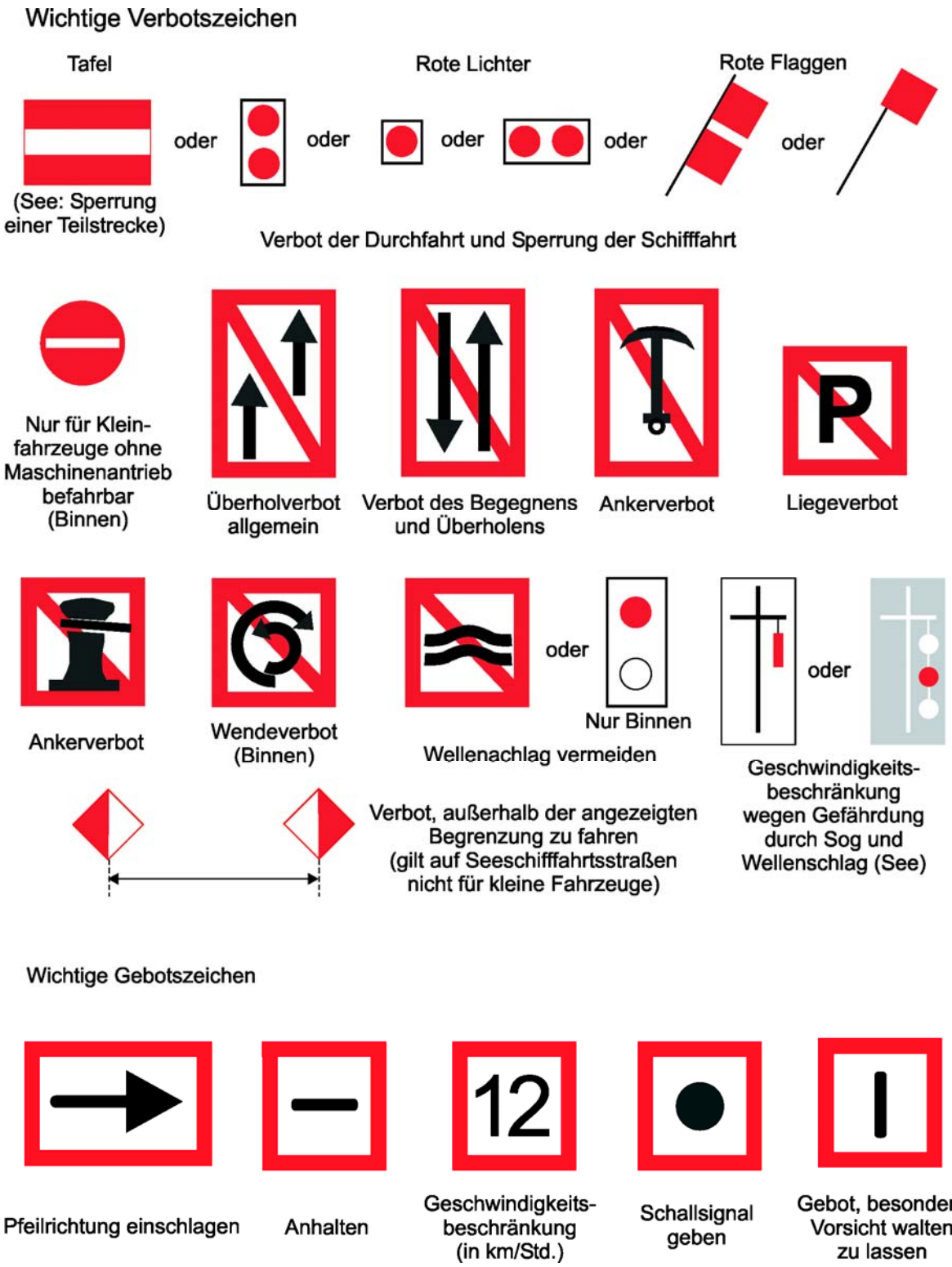
Vorbeifahrt nur mit Herabsetzung der Geschwindigkeit auf der freien Seite zugelassen (Wellenschlag vermeiden)

13-14 Bezeichnung von gefährlichen Stellen und Hindernissen in der Wasserstraße

- Bezeichnung von Radarzielen (z. B. oberhalb oder unterhalb von Brückenpfeilern)
  - Gelbe Tonne mit Radarreflektoren
  - Ausleger (Stange) mit Radarreflektor
- Bezeichnung von Freileitungen
  - Radarreflektoren an Freileitungen befestigt
  - Radarreflektoren auf gelben Tonnen an beiden Ufern paarweise ausgelegt
- Bezeichnung der Lage der Fahrrinne zum Ufer (Bild 13-18)
  durch Stange mit Toppzeichen oder quadratischen Lattenrahmen
- Bezeichnung des Übergangs der Fahrrinne von einem zum anderen Ufer (Bild 13-18)
  durch Stange mit Toppzeichen oder gelbes Lattenkreuz
- Bezeichnung von gesperrten Wasserflächen
  durch gelbe Tonnen mit oder ohne Radarreflektoren, mit oder ohne Toppzeichen
- Verwendung von Tonnen für sonstige Zwecke
  Weiße Tonnen können für andere als den vorgenannten Zwecken verwendet werden.

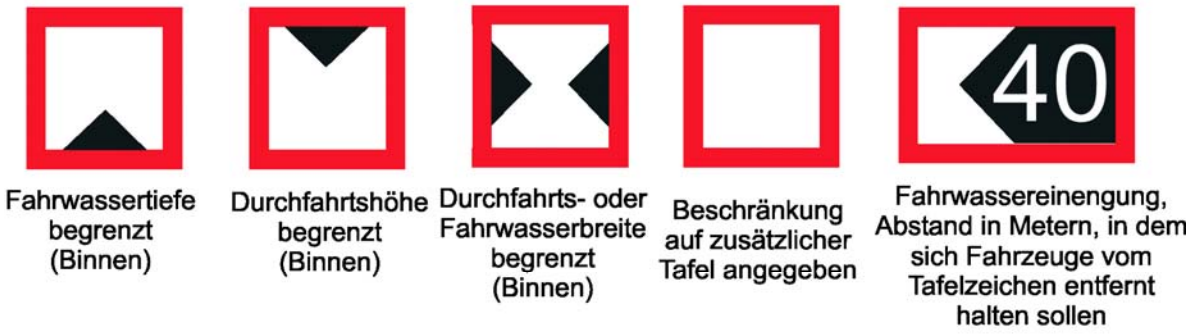
Schifffahrtszeichen als Tafelzeichen

Die wichtigsten Tafel-, Lichter- und Flaggenzeichen (Binnen- und Seeschifffahrtsstraßen) sind nachfolgend abgebildet (Bilder 13-15 und 13-16).



13-15 Tafel-, Lichter- und Flaggenzeichen

Wichtige Einschränkungen



Fahrwassertiefe begrenzt (Binnen)

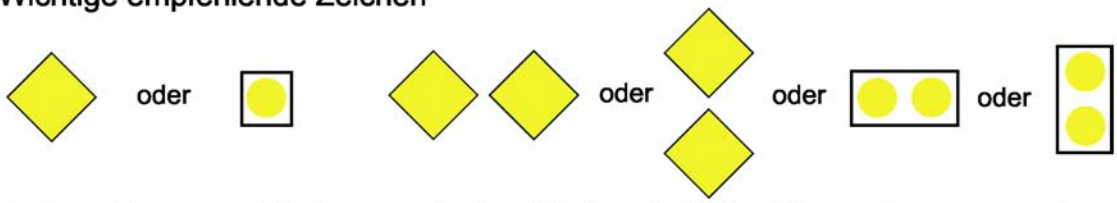
Durchfahrtshöhe begrenzt (Binnen)

Durchfahrts- oder Fahrwasserbreite begrenzt (Binnen)

Beschränkung auf zusätzlicher Tafel angegeben

Fahrwassereinengung, Abstand in Metern, in dem sich Fahrzeuge vom Tafelzeichen entfernt halten sollen

Wichtige empfehlende Zeichen



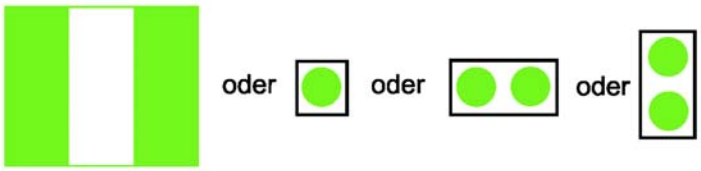
In beiden Richtungen befahrbar

In einer Rrichtung befahrbar (Gegenrichtung gesperrt)

Empfehlung, sich in dem durch die Tafeln begrenzten Raum zu halten

Empfehlung, in Pfeilrichtung zu fahren (Binnen)

Hinweiszeichen



Erlaubnis zur Durchfahrt (Binnen)

Stillliegen erlaubt (Binnen)

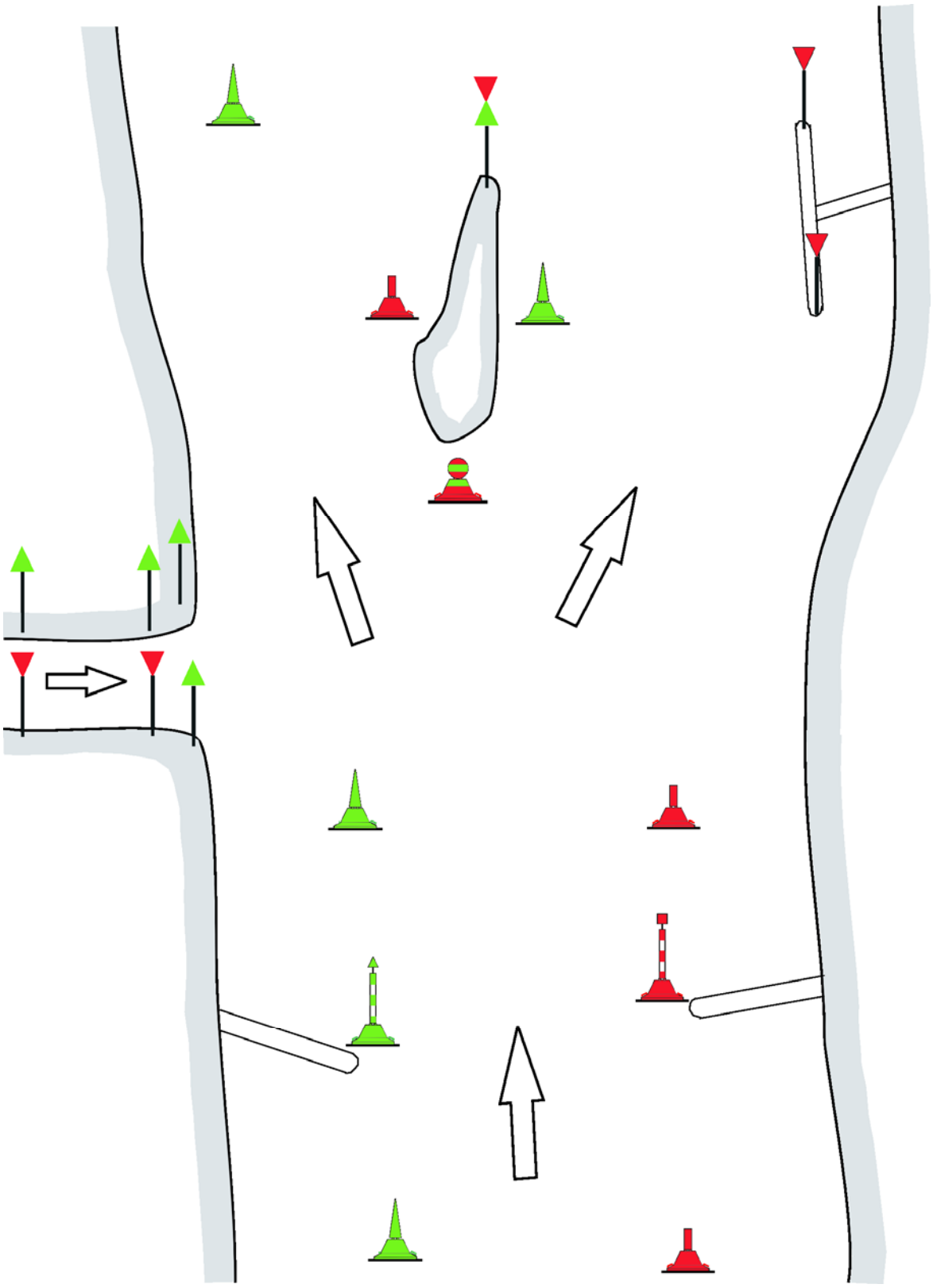
Nautischer Informationsfunk (Binnen)

Hinweis auf ein Wehr (Binnen)

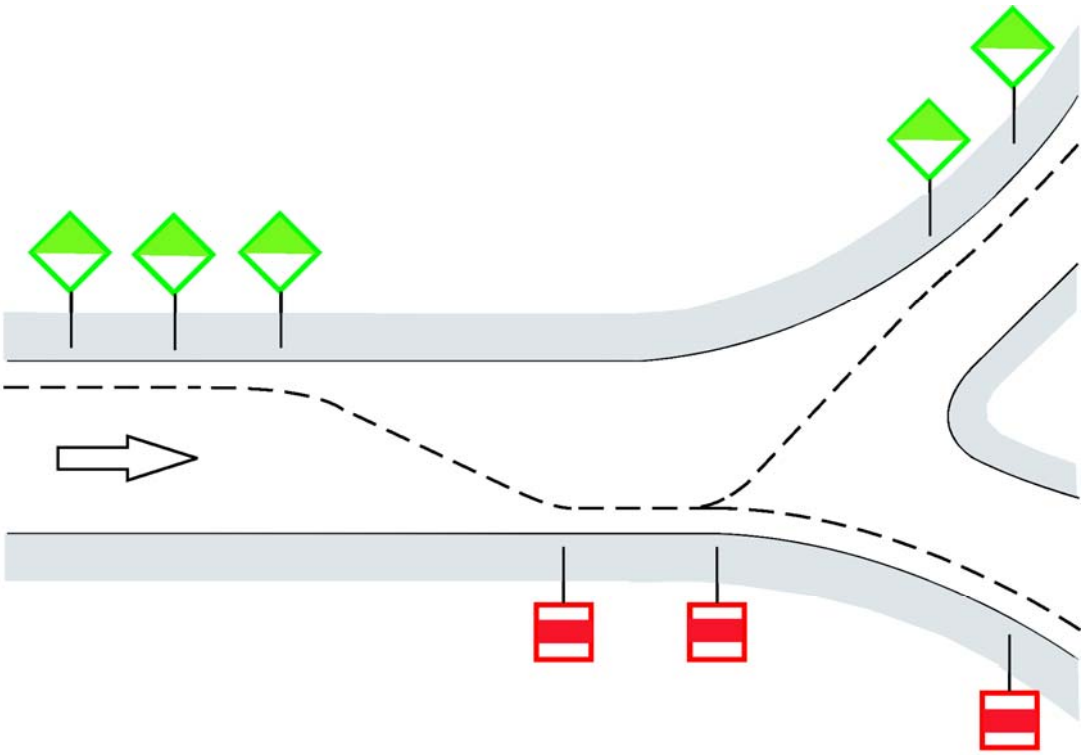
Nicht frei fahrende Fähre

Frei fahrende Fähre

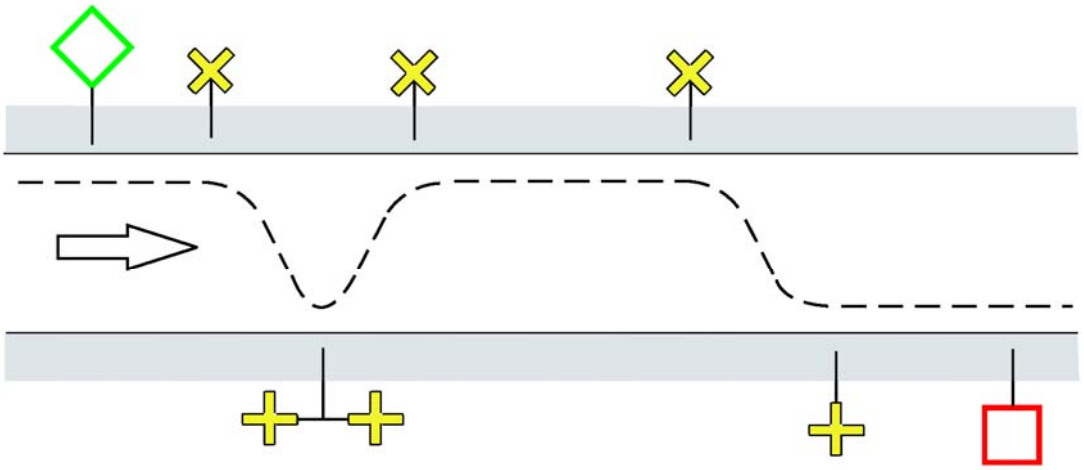
Ende eines Ge- oder Verbots



13-17 Beispiel der Bezeichnung eines Flussabschnittes bei Tag



Lage der Fahrrinne zum Ufer



Übergang der Fahrrinne von einem zum anderen Ufer

13-18 Kennzeichnung der Lage und des Übergangs der Fahrrinne

Lichtsignale und Schallsignale

Lichtsignale und Schallsignale regeln insbesondere Fahrverbote sowie Fahrgebote.

13.3.3 Schifffahrtszeichen an Seeschifffahrtsstraßen

Schifffahrtszeichen zur Bezeichnung des Fahrwassers

Die lateralen Schifffahrtszeichen sind in der Regel von See beginnend mit fortlaufenden geraden bzw. ungeraden Nummern versehen, ggf. mit einem angehängten kleinen Buchstaben, ggf. in Verbindung mit dem Namen des Fahrwassers.

Die kardinalen Schifffahrtszeichen sind mit der Kompassrichtung bzw. dem Namen der Gefahrenstelle beschriftet.

Tonnen müssen nicht mit einem Toppzeichen versehen sein, Stangen tragen immer ein Toppzeichen.

Auf die Angabe der jeweiligen Kennungen wird bei den nachfolgenden Erläuterungen verzichtet.

Bezeichnung der Fahrwasserseiten (Laterale Zeichen) (Bild 13-19)

- Steuerbordseite des Fahrwassers
  Farbe: grün
  Form: Spitztonne, Leuchttonne oder Stange
  Toppzeichen: grüner Kegel, Spitze oben, oder Besen abwärts
  Feuer (wenn vorhanden): Farbe grün

- Backbordseite des Fahrwassers
  Farbe: rot
  Form: Stumpftonne, Leuchttonne, Spierentonne, Stange oder Pricke
  Toppzeichen: roter Zylinder oder Besen aufwärts
  Feuer (wenn vorhanden): Farbe rot

Bezeichnung der Zufahrt zu Fahrwassern und der Mitte von Schifffahrtswegen (Bild 13-19)

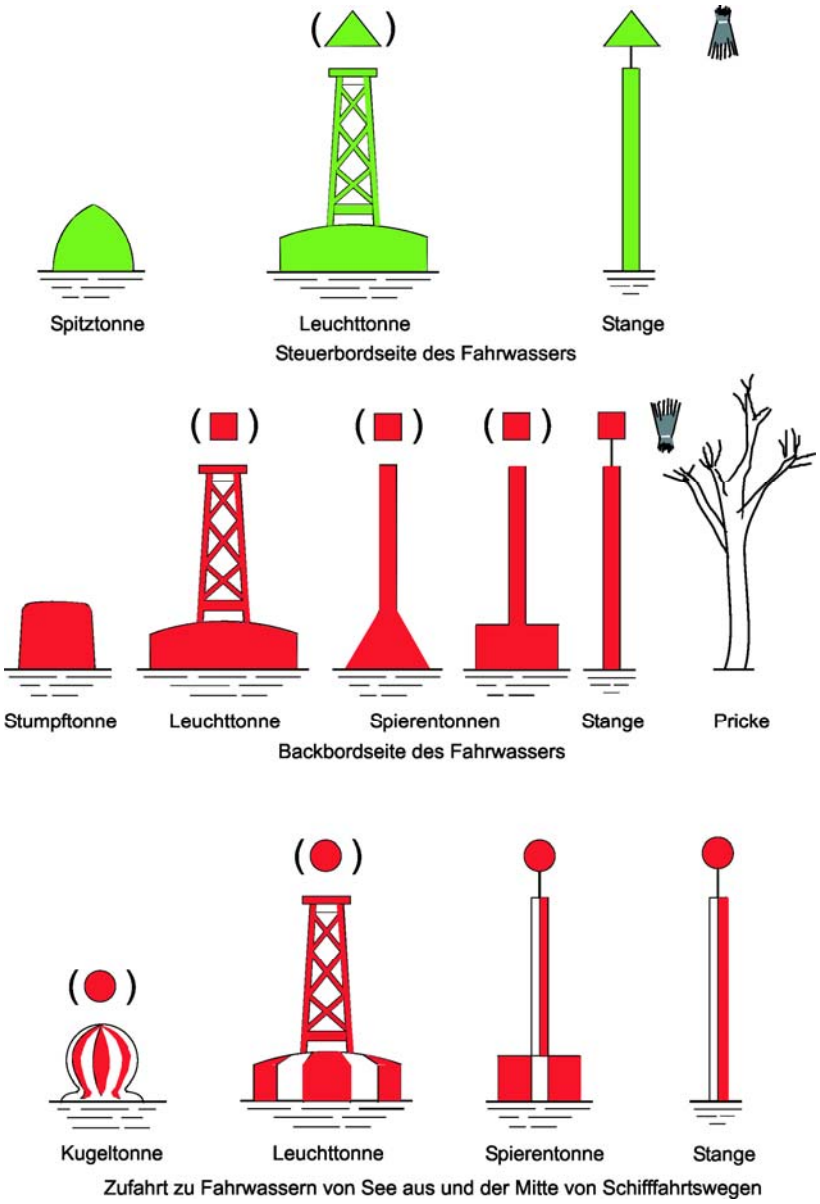
Die Zufahrt zu Fahrwassern von See aus sowie die Mitte von Schifffahrtswegen werden gekennzeichnet, sofern sie nicht durch Feuerschiffe, Großtonnen, Baken, Molen usw. erkennbar sind:

Farbe: rote und weiße senkrechte Streifen

Form: Kugeltonne, Leuchttonne, Spierentonne oder Stange

Toppzeichen: roter Ball; Spierentonnen und Stangen sind immer mit Toppzeichen versehen

Feuer (wenn vorhanden): Farbe weiß

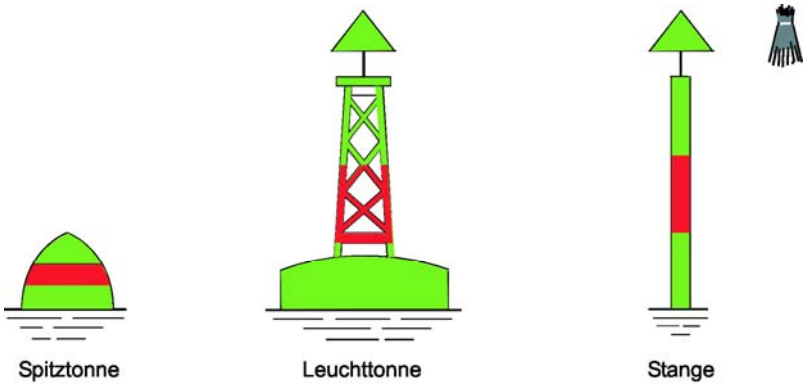


13-19 Bezeichnung der Fahrwasserseiten und der Zufahrten

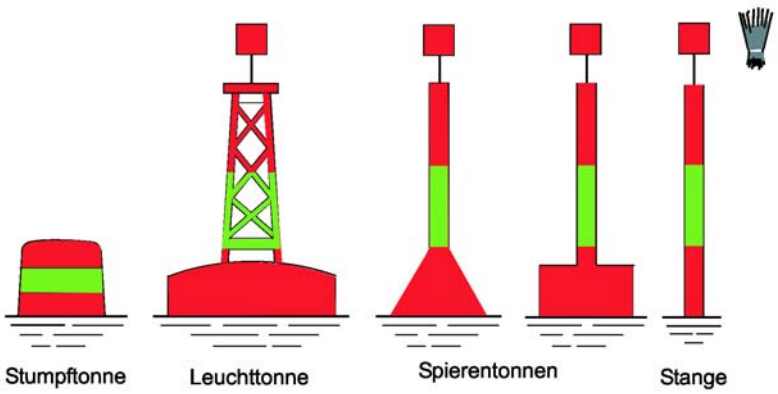
Bezeichnung von abzweigenden oder einmündenden Fahrwassern (Bild 13-20)

- Steuerbordseite des durchgehenden Fahrwassers/Backbordseite des abzweigenden oder einmündenden Fahrwassers
  Farbe: grün mit einem waagerechten roten Band
  Form: Spitztonne, Leuchttonne oder Stange
  Toppzeichen: grüner Kegel, Spitze oben, oder Besen abwärts
  Feuer (wenn vorhanden): Farbe grün

- Backbordseite des durchgehenden Fahrwassers/Steuerbordseite des abzweigenden oder einmündenden Fahrwassers
  Farbe: rot mit einem waagerechten grünen Band
  Form: Stumpftonne, Leuchttonne, Spierentonne oder Stange
  Toppzeichen: roter Zylinder oder Besen aufwärts
  Feuer (wenn vorhanden): Farbe rot



Steuerbordseite des durchgehenden Fahrwassers/Backbordseite des abzweigenden oder einmündenden Fahrwassers



Backbordseite des durchgehenden Fahrwassers/Steuerbordseite des abzweigenden oder einmündenden Fahrwassers

13-20 Abzweigende oder einmündende Fahrwasser

Bezeichnung von Gefahrenstellen (Kardinale Zeichen)

Allgemeine Gefahrenstellen (Fehltiefen, Wracks, Buhnen und sonstige Schifffahrtshindernisse) werden in der Regel mit einem oder mehreren kardinalen Zeichen bezeichnet, die für die verschiedenen Quadranten den Bezug zur Lage der Gefahrenstelle angeben.

- Nord-Kardinalzeichen

Farbe: schwarz über gelb
Form: Leuchttonne, Bakentonne, Spierentonne oder Stange
Toppzeichen: zwei schwarze Kegel übereinander, Spitzen oben
Feuer (wenn vorhanden): Farbe weiß

- Ost-Kardinalzeichen

Farbe: schwarz mit einem breiten waagerechten gelben Band
Form: Leuchttonne, Bakentonne, Spierentonne oder Stange
Toppzeichen: zwei schwarze Kegel übereinander, Spitzen voneinander

Feuer (wenn vorhanden): Farbe weiß

- Süd-Kardinalzeichen

Farbe: gelb über schwarz
Form: Leuchttonne, Bakentonne, Spierentonne oder Stange
Toppzeichen: zwei schwarze Kegel übereinander, Spitzen unten
Feuer (wenn vorhanden): Farbe weiß

- West-Kardinalzeichen

Farbe: gelb mit einem breiten waagerechten schwarzen Band
Form: Leuchttonne, Bakentonne, Spierentonne oder Stange
Toppzeichen: zwei schwarze Kegel übereinander, Spitzen zueinander
Feuer (wenn vorhanden): Farbe weiß

Die Lage der Kardinalzeichen entspricht der der entsprechenden Zeichen der Binnenschifffahrtsstraßen.

Bezeichnung von Einzelgefahrstellen
Die Gefahrenstelle kann an allen Seiten passiert werden.
Farbe: schwarz mit einem breiten waagerechten roten Band
Form: Leuchttonne, Bakentonne, Spierentonne oder Stange
Toppzeichen: zwei schwarze Bälle übereinander
Feuer (wenn vorhanden): Farbe weiß.

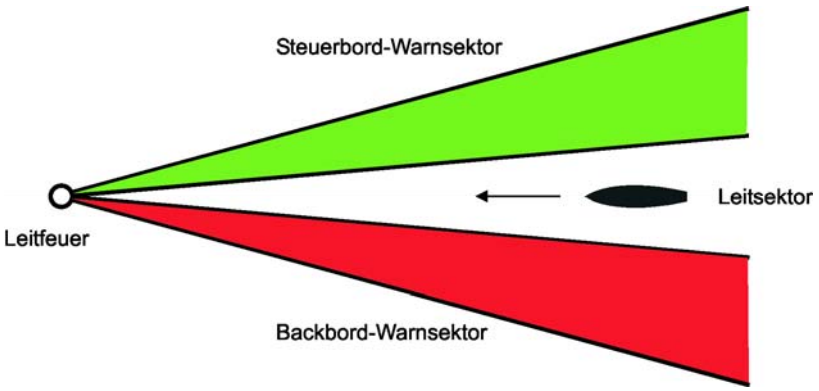
Bezeichnung besonderer Gebiete und Stellen
Bezeichnet werden z. B. Warngebiete, Warnstellen, Fischereigründe, Baggerschüttstellen, Kabel und Rohrleitungen. Die Tonne wird mit der Bezeichnung des jeweiligen Gebietes oder der Stelle in schwarzen Buchstaben beschriftet.
Farbe: gelb
Form: beliebig, vorzugsweise Fasstonne, Leuchttonne, Spierentonne oder Stange
Toppzeichen: gelbes liegendes Kreuz
Farbe: gelb.

Schifffahrtszeichen als Tafelzeichen
Die Tafelzeichen entsprechen im Wesentlichen den Tafelzeichen für Binnenschifffahrtsstraßen (Bilder 13-15 und 13-16).

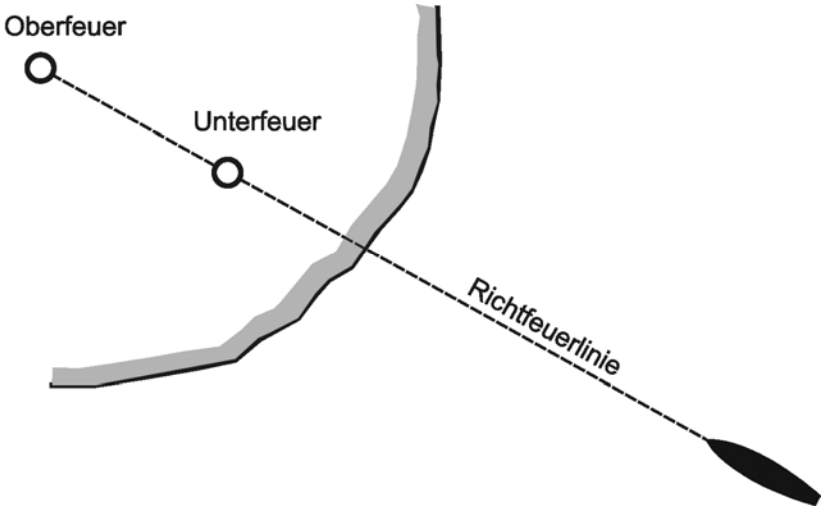
Lichtsignale und Schallsignale
Die Lichtsignale und Schallsignale regeln insbesondere Fahrverbote und Fahrgebote.

Leuchttürme
Leuchttürme werden bei der Annäherung von See als erste Landmarken sichtbar und können zur Positionsbestimmung angepeilt werden. Die Küstenschifffahrt orientiert sich zwar zunehmend über GPS, aber das Netz fester Schifffahrtszeichen gibt der Schifffahrt zusätzliche Sicherheit. Entsprechend der Funktion des Leuchtturms ist das Leuchtfeuer ein See-, Orientierungs-, Richt-, Leit- oder Quermarkenfeuer.

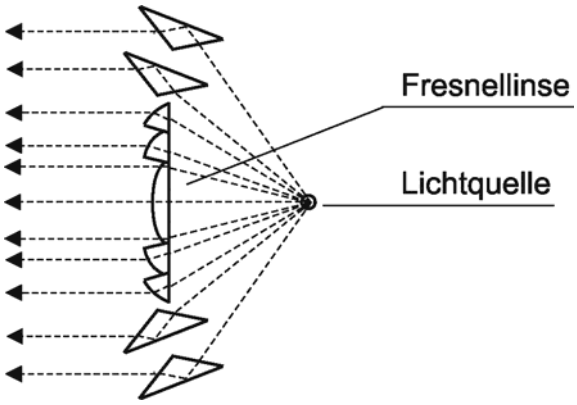
Im Leuchtfeuerverzeichnis ist die Entfernung angegeben, in der ein Feuer noch einwandfrei zu erkennen ist. Dabei wird zwischen Sichtweite und Tragweite unterschieden. Die meteorologische Sichtweite am Tage ist der horizontale Abstand, bei dem Objekte gegen den Horizonthimmel als Hintergrund gerade noch gesehen werden können. Die Tragweite eines Feuers ist der Abstand, in dem das vom Feuer ausgestrahlte Licht bei normaler Sicht noch eben einen deutlichen Lichteindruck hervorruft.
Als optische Mittel zur Lichtverstärkung wurden die nach dem französischen Physiker Auguste Jean Fresnel benannten Fresnellinsen benutzt. Das im Brennpunkt der Optik von der Lichtquelle erzeugte Licht wird durch ein Linsensystem parallel gebündelt und waagerecht abgestahlt (Bild 13-23). Heute werden in vielen Leuchtfeuern zur Bündelung des Lichts auch Siemens-Doppelsignalscheinwerfer verwendet.
Eine Gürtellinse entsteht durch Rotation eines Fresnel-Profils um eine vertikale Achse, eine Scheinwerferlinse entsteht durch die Rotation eines Fresnel-Profils um die optische Achse.
Die Kennung wird durch Drehung der Optik, durch bewegliche Blenden oder durch die Taktung der Lampen erzeugt.
Bis vor ca. 25 Jahren haben Leuchtturmwärter die verschiedenen Leuchtfeuer in Betrieb genommen und ihre Funktion überwacht. Heute sind die Leuchtfeuer mit speicherprogrammierbaren Steuerungen ausgerüstet und werden automatisch betrieben.
Leuchttürme gehören zur Kulturlandschaft der Küste. Sie sind in der Regel einschließlich der früher von Leuchtturmwärtern genutzten Nebengebäude denkmalgeschützte Bauwerke mit einem beträchtlichen Unterhaltungsaufwand. Die WSV ist daher bemüht, die Leuchttürme als Mehrzweckgebäude zu betreiben und sie der Öffentlichkeit – z. B. als Museum – zugängig zu machen.



13-21 Leitfeuer



13-22 Richtfeuer



13-23 Fresnel-Linsensystem

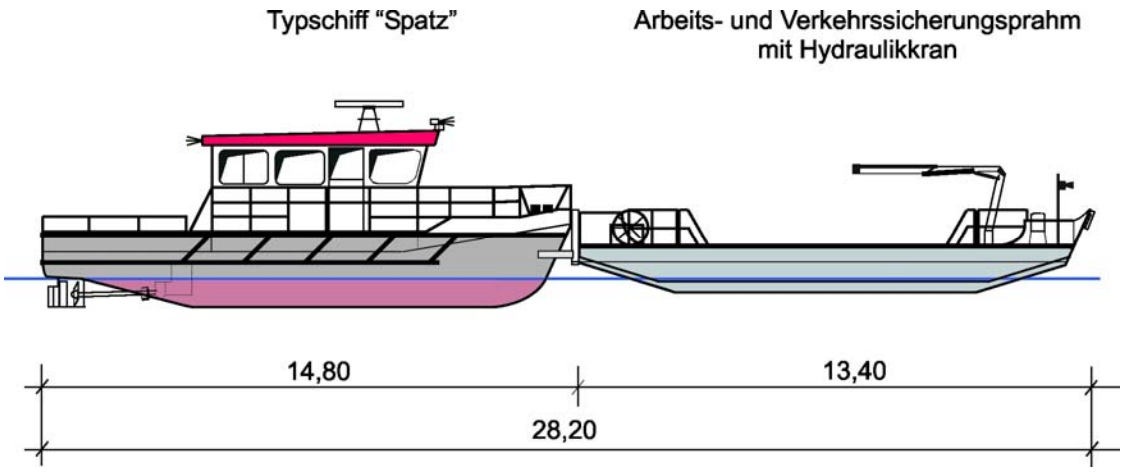
14 Schwimmende Fahrzeuge und Geräte des Wasserbaus

Für den Betrieb und die Unterhaltung der Bundeswasserstraßen hält die WSV neben Landfahrzeugen und Geräten auch schwimmende Fahrzeuge und Geräte vor. Einige Aufgaben werden jedoch nicht mehr in vollem Umfang im Regiebetrieb durchgeführt, sondern an Privatunternehmen vergeben.
Die wichtigsten schwimmenden Fahrzeuge und Geräte sind folgende:

Arbeits- und Aufsichtsschiffe

In den Außenbezirken der WSV werden durch Aufsichts- und Arbeitsschiffe vor allem Verkehrssicherungs- und Überwachungsaufgaben wahrgenommen. Für diese Aufgaben wurde das Typschiff „Spatz“ (Bild 14-1) entwickelt, das abgängige ältere Fahrzeuge ersetzt. Es ist in der Regel mit Radargerät, Echograph mit Laser-Enfernungsmesser bzw. DGPS-Ortung ausgerüstet. In der Regel wird das Fahrzeug in einer Kombination mit einem Arbeits- und Verkehrssicherungsprahm mit Hydraulikkran eingesetzt, um die nachfolgend aufgeführten Tätigkeiten ausführen zu können:

- Suchen und Bergen von Hindernissen
- Feststellen und Kennzeichnen von Fehltiefen
- Peilaufgaben
- Anlagenüberwachung
- Unterhaltung des Gewässerbettes einschl. der Ufer
- Unterhaltung von Schleusen- und Wehranlagen
- Unterhaltung der schwimmenden Schifffahrtszeichen
- strompolizeiliche Maßnahmen.



14-1 Typsystem „Spatz“

Messschiffe

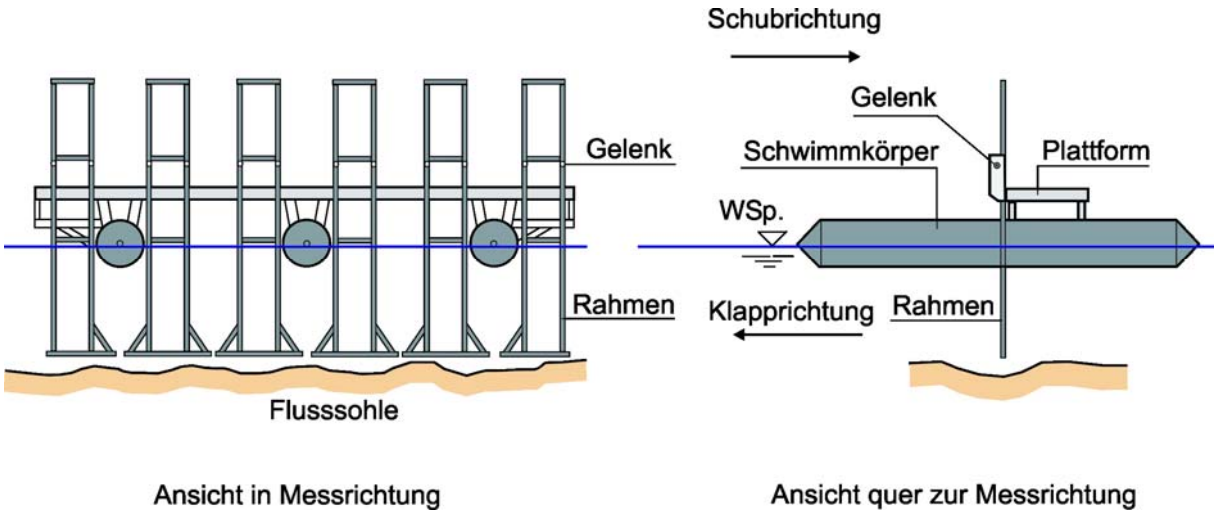
Einsatzgebiete für Messschiffe sind

- Linienpeilungen (Längs- und Querpeilungen)
- Flächenpeilungen
- Abflussmessungen
- Geschwindigeits- und Strömungsrichtungsmessungen
- Geschiebemessungen
- Wasserspiegelnivellements.

Für diese Aufgaben sind Schiffe mit aufwändiger Messtechnik wie GPS, Echolot und Lasermesssystemen ausgestattet. Heute werden in zunehmendem Umfang kleinere Fahrzeuge mit Fächerecholoten oder ADCP-Geräten eingesetzt.

Peilrahmen

Ein Peilrahmen (Bild 14-2) dient dem Nachweis der Hindernisfreiheit im Rahmen der Verkehrssicherung. Unterschieden werden der mechanische, der elektro-hydraulische und der elektro-akustische Peilrahmen.
Der mechanische Peilrahmen besteht aus einer Arbeitsbühne mit gelenkig aufgehängten Rahmen. Diese werden so weit herabgelassen, dass die untere horizontale Schiene in der als hindernisfrei nachzuweisenden Tiefe hängt. Stößt der Rahmen während der Messfahrt gegen ein Hindernis, klappt er nach oben.
Der elektro-hydraulisch betriebene Peilrahmen ist ein mechanischer Peilrahmen, dessen einzelne Rahmen mit Sensoren ausgerüstet sind, die das Kippen des Rahmens registrieren. Auf dem Messrechner werden die Daten unmittelbar dargestellt und gespeichert. Abrahmungsarbeiten können dadurch effizienter überwacht und dokumentiert werden.
Beim elektro-akustischen Peilrahmen handelt es sich um ein Mehrschwingersystem zur flächenhaften Erfassung der Flussohle. Der Peilrahmen wird am Bug eines Schiffes montiert. Er besteht aus bis zu 38 Einzelschwingern (Vertikalecholote), die eine detaillierte Darstellung des Bodens und das Erfassen von Hindernissen ermöglichen.



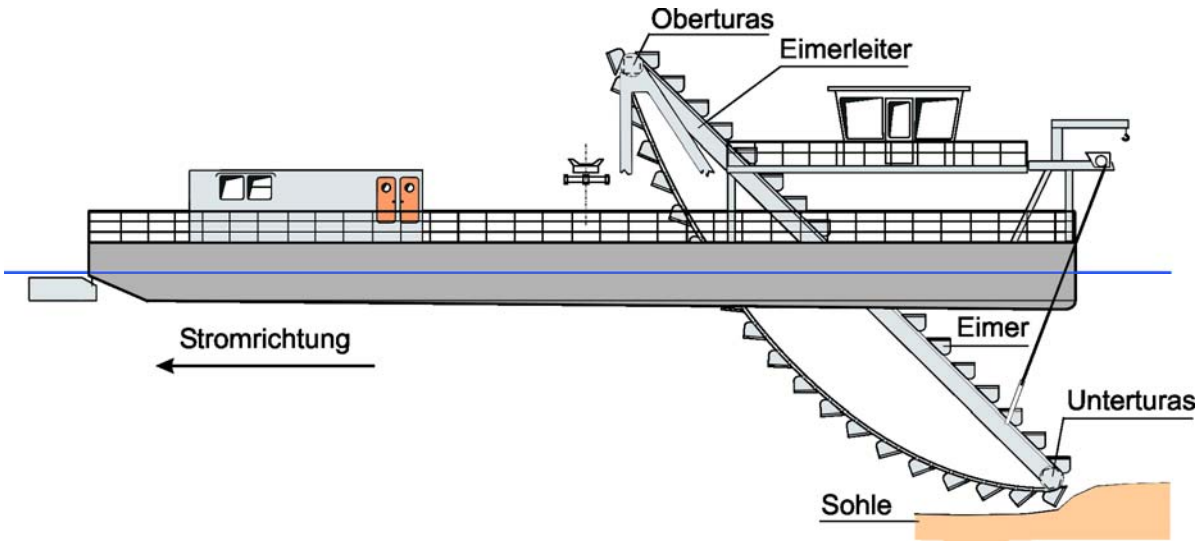
14-2 Mechanischer Peilrahmen (schematischeDarstellung)

Eimerketten-Nassbagger

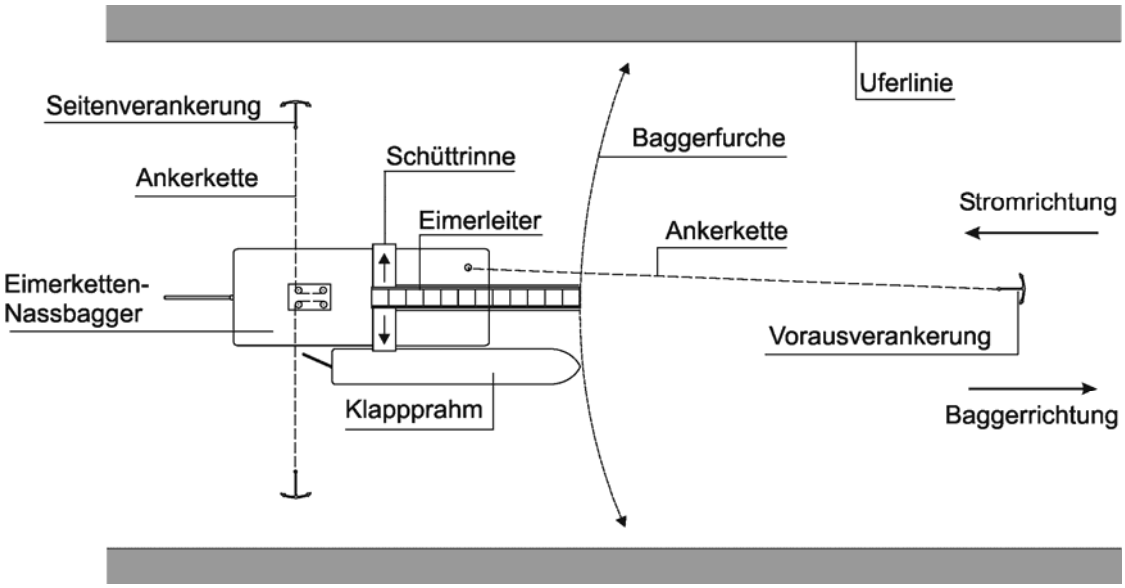
Eimerketten-Nassbagger (Bilder 14-3 und 14-4) werden beim Ausbau und der Unterhaltung von Wasserstraßen eingesetzt. Sie ermöglichen die Durchführung von Profilbaggerungen und sind für fast alle Bodenarten einsetzbar.

Das Baggermaterial wird mit Eimern gefördert, die auf einer Gelenkkette befestigt sind. Getragen wird die Kette von der Eimerleiter, die an zwei Punkten gelagert ist, und zwar am angetriebenen Oberturas und am Unterturas. Am unteren fünf- bis sechseckigen Turas sollen gleichzeitig mehrere Eimer schneiden, über den oberen viereckigen Turas sollen die Eimer ruckartig geleert werden. Das Baggermaterial wird von den Eimern in eine Schüttrinne abgeworfen, die mit einer Wechselklappe versehen ist, damit das Material zu beiden Seiten des Baggers in eine Schute (meistens eine Klappschute) geleitet werden kann. Das Baggermaterial kann auch über eine Pumpeinrichtung auf eine Deponie oder ein Spülfeld gefördert werden.

Der Eimerketten-Nassbagger hat meistens keinen eigenen Antrieb. Er wird mit Ankern festgelegt – Voraus- und Seitenanker – und kann sich mittels eigener Winden im vorgegebenen Feld bewegen.



14-3 Eimerketten-Nassbagger



14-4 Arbeitsweise des Eimerketten-Nassbaggers

Saugbagger

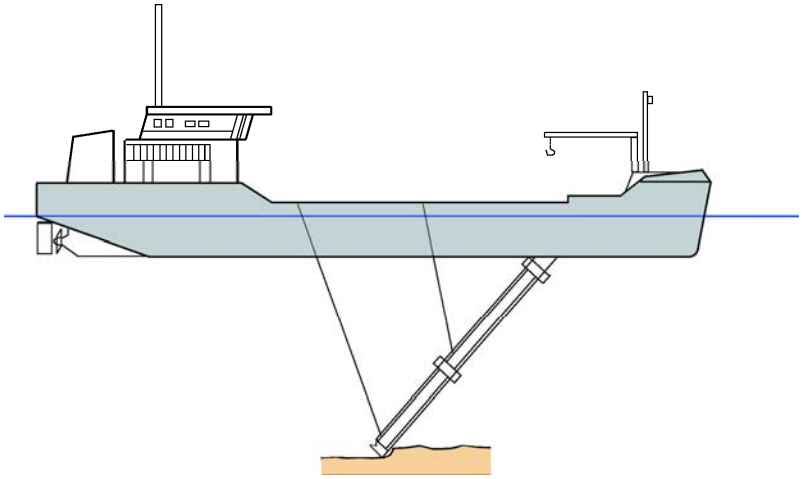
Saugbagger bestehen aus einem Schwimmkörper mit einem Saugrüssel, der an einem Ausleger heb- und schwenkbar befestigt ist. Er löst mittels Druckwasserspülung das Baggermaterial und fördert das nun entstandene Wasser-Boden-Gemisch in eine Schute oder drückt es in eine Transportleitung zur Deponie oder zum Spülfeld.

Diese Geräte sind bestens geeignet zum Lösen von Fein- bis Mittelsand und zum Schlammsaugen.

Schneidkopfsaugbagger (Cutterbagger) sind an ihrem Spülkopf mit einem rotierenden Fräser ausgerüstet. Sie sind daher auch zum Lösen von nicht spülfähigen, bindigen Böden geeignet.

Hopperbagger (Laderaumsaugbagger)

Der Hopperbagger (Bild 14-5) ist ein selbstfahrender Saugbagger mit eigenem Laderaum. Durch den Eigenantrieb entfallen die sonst üblichen Verankerungen. Das Entladen des Baggermaterials erfolgt durch Verklappen oder durch Pumpen in eine Transportleitung.



14-5 Hopperbagger (Laderaumsaugbagger)

Löffelschwimmbagger

Der Löffelschwimmbagger hat in der Regel keinen eigenen Antrieb. Er besteht aus einem Ponton und einem darauf montierten Tieflöffelbagger. Die Lagepositionierung erfolgt mittels Ankerpfählen am Schwimmkörper.

Der Bagger ist insbesondere zum Lösen von Fels geeignet.

Tonnenleger

Tonnenleger haben die Aufgabe, Leuchttonnnen und unbefeuerte Tonnen im See- und Wattengebiet zu transportieren, auszulegen, einzuholen und regelmäßig zu überprüfen und zu warten. Sie sind in der Regel als Mehrzweckfahrzeuge konzipiert, um die nachfolgend genannten Arbeiten durchführen zu können:

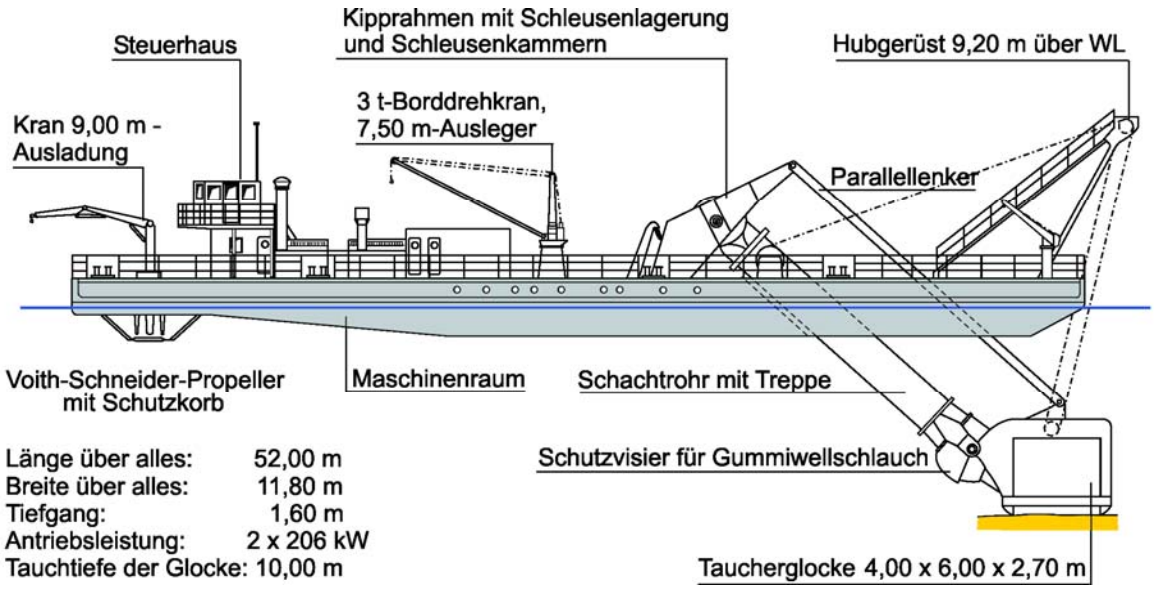
- Personen- und Materialtransporte
- Aufsichts- und Kontrollfahrten
- Verkehrssicherungsaufgaben
- Hindernisbergung
- Hilfe bei Havarien
- Peilarbeiten.

Taucherglockenschiffe

Taucherglockenschiffe sind mit einer Taucherglocke ausgerüstet, die das Arbeiten unter Wasser ermöglicht. Nachdem in den vergangenen Jahren einige zum Teil mehr als 100 Jahre alte Taucherglockenschiffe der WSV ausgesondert worden sind, verfügt die WSV nur noch über ein entsprechendes Gerät, das beim WSA Duisburg-Rhein stationiert ist. Das Taucherglockenschiff „Carl Straat“ (Bild 14-6), Baujahr 1963, hat eine im Heck angebrachte Taucherglocke, die über eine in einem Schachtrohr befindliche Treppe begehbar ist. Die Glocke steht unter Überdruck, dessen Höhe abhängig ist von der Tauchtiefe. Sie ist 6,00 m lang, 4,00 m breit und 2,70 m hoch. Die Tauchtiefe beträgt bis zu 10,00 m.

Das Taucherglockenschiff wird überregional für folgende Aufgaben eingesetzt:

- Bauwerkskontrolle
- Suchen und Bergen von Hindernissen
- Verankern von schwimmenden Schifffahrtszeichen in der Gewässersohle
- geologische und vegetationskundliche Untersuchungen der Gewässersohle.



14-6 Taucherglockenschiff „Carl Straat“

Eisbrecher

Die WSV hat nach § 35 Abs. 1 WaStrG für die Eisbekämpfung auf den Bundeswasserstraßen zu sorgen, soweit sie wirtschaftlich vertretbar ist.

Eisbrecher brechen das Eis in der Regel in kontinuierlicher Fahrt durchs Wasser.

Auf Binnenwasserstraßen ist dies oft aufgrund von Eisversetzungen oder Eisstaus nicht möglich. Die Eisbrecher sind daher meist mit einer Stampfanlage ausgerüstet. Auf einer querschiffs im Vorschiff angeordneten Achse sind zwei Unwuchtgewichte auf Schwungrädern angebracht. Durch die gegenläufige Drehrichtung der Schwungräder wird der Eisbrecher in eine schwingende Vertikalbewegung gebracht, die dem Eisbrecher eine höhere Brechleistung ermöglicht und die Gefahr des Festkommens verringert.

See-Eisbrecher und eisbrechende Handelsschiffe sind heute meist mit dem Thyssen-Waas-Bug ausgerüstet. Diese Vorschiffsform hat einen pontonförmigen Bug mit an der Unterseite scharfkantigen Außenseiten. Beim Durchfahren der Eisdecke entsteht eine scharfkantige eisfreie Rinne.

Die WSV stellte 1980 den Eisbrecher „Max Waldeck“ für eine Umrüstung zum Prototyp mit dem Thyssen-Waas-Bug zur Verfügung. Dieser Eisbrecher verfügte über die größte jemals gebaute Unwuchtanlage mit einem Schwungrad von über fünf Metern Durchmesser, die das Brechen von zwei Meter dickem Eis ermöglichte. Der Eisbrecher wurde im Jahr 2006 außer Dienst gestellt.

Heute werden auf Seeschifffahrtsstraßen überwiegend die Schadstoffunfall-Bekämpfungschiffe der WSV zum Eisbrechen eingesetzt. Diese Schiffe sind als Mehrzweckschiffe auch zum Eisbrechen geeignet. Sie sind für die höchste Eisklasse ausgelegt, um fünfzig Zentimeter dickes Eis zu brechen. Dies wird ermöglicht durch eine hohe Antriebsleistung und eine sehr gute Manövrierfähigkeit.

Mehrzweckschiffe

Mehrzweckschiffe werden im Seebereich vor allem als Schadstoffunfall-Bekämpfungsschiffe (SUBS) konzipiert. Für den Einsatz bei Öl- oder Chemiekalienunfällen verfügen diese Schiffe u. a. über ein Gasschutzsystem, Aufnahmeskimmer für Öl und Chemikalien, ein Tochterboot für Hilfseinsätze in gefährlicher Atmosphäre und eine Hubschrauber-Abwinschfläche. Weitere Aufgaben der Mehrzweckschiffe sind:

- Kontrollfahrten im Rahmen des Gewässerschutzes

- Schleppeinsätze für Hilfeleistung bei Tankunfällen und in gefährlicher Atmosphäre unter Gasschutzbedingungen, wenn geeignete Schlepper nicht zur Verfügung stehen
- Schiffsbrandbekämpfung
- Tonnenlegen einschl. Kontrolle und Unterhaltung
- Eisbrechen und Freischleppen von im Eis festgefahrenen Fahrzeugen
- Schifffahrtspolizeiliche Verkehrsüberwachung einschl. Verkehrssicherungsaufgaben.

Weitere Spezialfahrzeuge sind:
Brückenuntersuchungsschiffe, Schwimmgreifer, Hebeböcke, Steinstürzer, Baustoffprahme, Klappprahme, Material-Einbaugeräte, Fähren, Bereisungsschiffe.

15 Ufereinfassungen und Sohlensicherungen (Besonderheiten des Insel- und Küstenschutzes s. Kap. 19)

15.1 Uferböschungen und Gewässersohlen

15.1.1 Lebendbauweise *

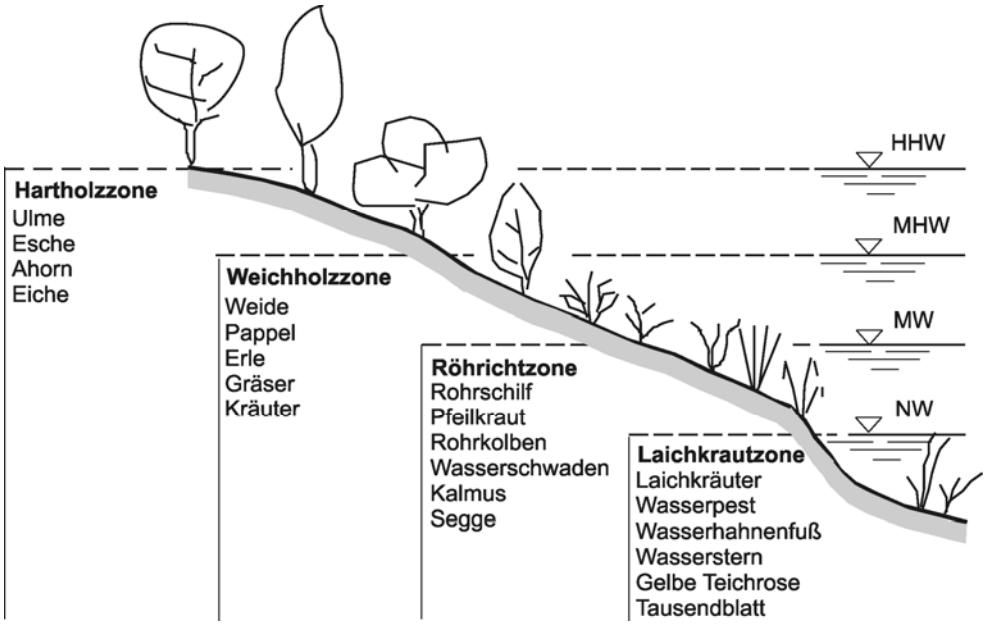
Unter Lebendbau ist Uferschutz durch Begrünung mit Gehölzen, Röhrichten, Gräsern und Kräutern sowie naturnahen Bauweisen zu verstehen. Der Lebendbau schafft Lebensräume für Wasservögel und Kleintiere. Die Angriffskräfte des Wassers und Eises werden durch die elastische Befestigung des Ufers dämpfend aufgenommen. Eine Bepflanzung allein schützt jedoch nur flache Böschungen mit einer Grenzneigung von etwa 1 : 3.
Alle Anpflanzungen müssen sich den örtlichen Verhältnissen anpassen und sich in den natürlichen Bewuchs einfügen. Sie sollen möglichst standortgerecht sein.

Vegetationszonen
Bei der Ufervegetation werden folgende Bereiche unterschieden (Bild 15-1):

1. Laichkrautzone
   Die Laichkrautzone liegt unterhalb des Niedrigwasserspiegels. In diesem Bereich mit nahezu ständiger Wasserbedeckung gedeihen nur echte Wasserpflanzen: Laichkräuter, Wasserpest, Wasserhahnenfuß, Wasserstern, gelbe Teichrose, Tausendblatt.
2. Röhrichtzone
   Die Röhrichtzone liegt in der Wasserwechselzone zwischen dem Niedrigwasser- und dem Mittelwasserspiegel. Bei Wasserbedeckung von etwa einem halben Jahr Dauer gedeihen die Röhrichtpflanzen: Rohrschilf, Pfeilkraut, Rohrkolben, Wasserschwaden, Kalmus, Segge.
3. Weichholzzone
   Die Weichholzzone liegt zwischen dem Mittelwasser- und dem Mittleren Hochwasserspiegel. Die Wasserbedeckung dauert höchstens einige Wochen im Jahr. Hier wachsen die raschwüchsigen Weichhölzer wie Weide, Pappel und Erle sowie Gräser und Kräuter.
4. Hartholzzone
   Die Hartholzzone liegt zwischen dem Mittleren Hochwasser- und dem Höchsten Hochwasserspiegel mit einer Wasserbedeckung von nur wenigen Tagen im Jahr. Hier wachsen Harthölzer wie Ulmen, Eschen, Ahorne und auch Eichen.

---

* Nach Unterlagen der Bundesanstalt für Gewässerkunde



15-1 Vegetationszonen

Lebendbaumethoden

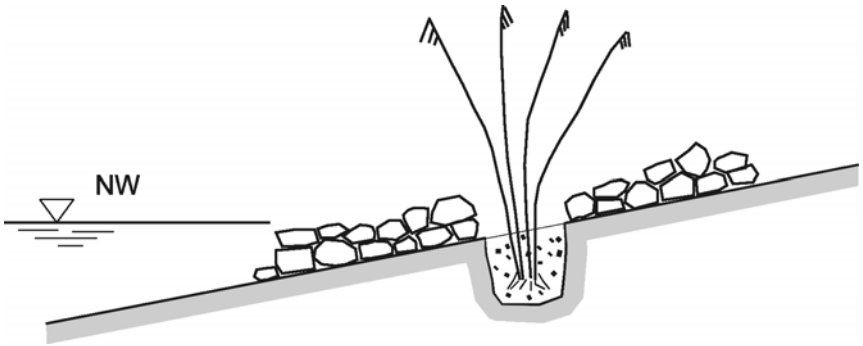
Ansiedlung von Wasserpflanzen

Wasserpflanzen haben im Hinblick auf die Reinhaltung der Gewässer eine besondere Bedeutung. Sie siedeln sich in der Regel von selbst an.

Ansiedlung von Röhrichten

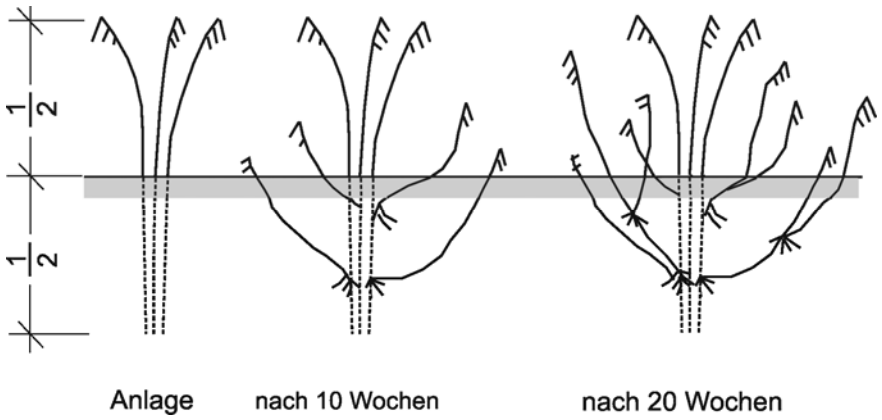
Röhrichte werden grundsätzlich nicht flächig gepflanzt. Es reicht aus, wenn punktuell bzw. linienmäßig eine Initialbepflanzung durchgeführt wird.

- **Ballenpflanzung (Bild 15-2)**
  In der Regel werden Röhrichtarten durch Ballenpflanzung angesiedelt. Die Gewinnung des Pflanzenmaterials erfolgt aus geeigneten Beständen (Spaten oder Bagger). Die Pflanzung kann fast ganzjährig durchgeführt werden. Nur bei Rohrschilf ist die Pflanzzeit auf das Frühjahr beschränkt.
  Gepflanzt wird reihenweise im Dreiecksverband mit einem Reihenabstand von ca. 50 cm und in einem Abstand in der Reihe von ca. 100 bis 140 cm.



15-2 Ballenpflanzung

- **Halmpflanzung (Bild 15-3)**
  Neben der Ballenpflanzung kann bei Rohrschilf auch die Halmpflanzung angewandt werden. Hierbei macht man sich die Fähigkeit des Schilfs zunutze, an jedem „Knoten“ Wurzeln bzw. Triebe bilden zu können. Hierzu werden Schilfhalme mit einem scharfen Spaten dicht unter der Bodenoberfläche abgestochen. Geworben werden die Halme ab einer Länge von 1,00 m und bis zu einer Länge von 1,50 m, oder wenn sich bereits mehr als 5 Blätter voll entfaltet haben. Die Werbungszeit liegt im Durchschnitt der Jahre zwischen Mai und etwa Mitte Juni. Die Schilfhalme sind nach der Werbung mit ihren abgestochenen Enden bis zur – baldigen – Pflanzung im Wasser zu lagern.
  Bei der Pflanzung sind immer drei Halme an einer Stelle in ein vorbereitetes Loch einzubringen. Noch besser ist die Verwendung eines Schilfrohrpflanzers, bei dem die Herstellung des Pflanzloches mit anschließender Einbringung der Halme in einem Arbeitsgang durchgeführt wird.



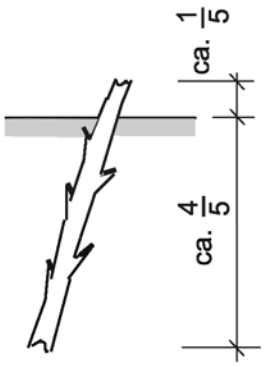
15-3 Halmpflanzung

- **Rhizompflanzung**
  Bei Rohrschilf gibt es neben der Ballen- und der Halmpflanzung noch die Rhizom- oder Sprösslingspflanzung. Hierbei werden lediglich die Rhizome, d. h. die unterirdischen waagerecht wachsenden Ausläufer, oder die Sprösslinge, d. h. die unterirdisch senkrecht wachsenden jungen Halmsprosse als Pflanzgut verwendet. Dieses aus Röhrichtbeständen gewonnene Pflanzenmaterial wird in Pflanzgräben gefüllt bzw. mit dem Spaten in der Wasserlinie eingebracht. Die Pflanzzeit erstreckt sich auf die Zeit der Vegetationsruhe. Pflanzort, Pflanzabstand und Pflanzenanordnung entsprechen denen der Ballenpflanzung.

Anpflanzung von Weiden

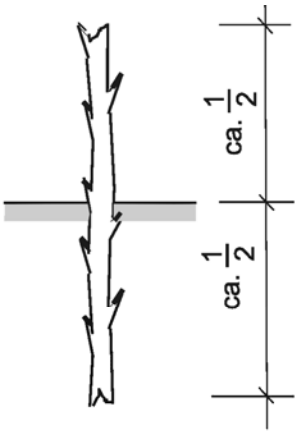
Zur Sicherung von Gewässern werden vorzugsweise Weiden verwendet. Das Material muss verholzt und gesund sein. Die Materialgewinnung muss ausschließlich in der Vegetationsruhe erfolgen.
Die unbewurzelten, lebenden Pflanzenteile können in unterschiedlicher Weise verwendet werden als

- Steckholz (Bild 15-4)
- Steckrute (Bild 15-5)
- Setzholz (Bild 15-6)
- Setzstange (Bild 15-7)
- Weidenflechtzaun (Bild 15-8).



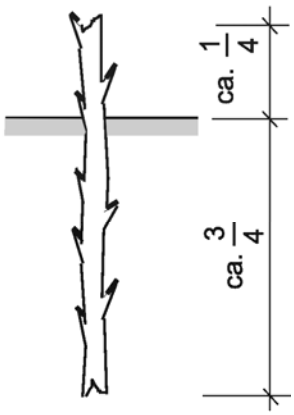
Steckholzabmessungen:
Durchmesser: 1 - 4 cm
Länge: 25 - 50 cm

15-4 Steckholzeinbau



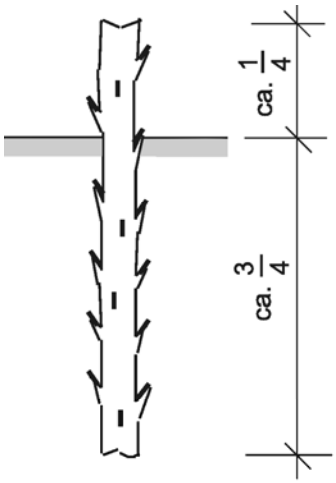
Steckrutenabmessungen:
Durchmesser: 1 - 4 cm
Länge: 50 - 80 cm

15-5 Steckruteneinbau



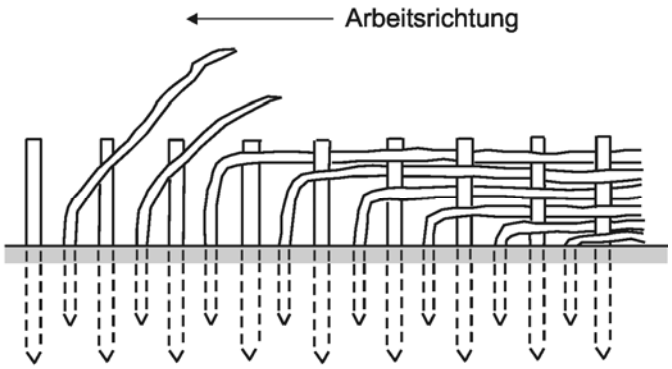
Setzholzabmessungen:
Durchmesser: 2 - 6 cm
Länge: 50 - 100 cm

15-6 Setzholzeinbau



Setzstangenabmessungen:
Durchmesser: 3 - 8 cm
Länge: 100 - 250 cm

15-7 Setzstangeneinbau



Lebender Flechtzaun aus Weidenpflöcken und Weidenruten

15-8 Weidenflechtzaun

Bewurzelungsfähiges Reisig wird auch zur Herstellung von Faschinen, Faschinenmatten, Buschmatten, Spreutlage und Rauwehr verwendet (Kap.15.1.2 „Ufer- und Sohlensicherung in Faschinenbauweise“).

Befestigung durch Rasen

Sehr flache Uferböschungen können durch Rasen befestigt werden. Möglichkeiten der Befestigung sind:

- **Rasensaat**
  Der Grassamen sollte aus einer robusten, standortangpassten Mischung bestehen. Die Ansaat kann im Frühjahr bis in den frühen Herbst erfolgen, wenn die Gefahr der Überschwemmung infolge höherer Wasserstände vorbei ist.
- **Erosionsschutzmatten**
  Erosionsschutzmatten sind Matten aus organischem Material (Stroh, Textilfäden usw.), die sowohl Dünger als auch Saatgut enthalten können. Die Matten werden auf dem fertigen Planum verlegt und mit Spezialnägeln festgenagelt. Diese Matten sollten nicht an Stellen verwendet werden, an denen sie längere Zeit eingestaut sind, da sie dort verrotten.
- **Setzen von Rasensoden**
  Die Soden werden an geeigneten Stellen im Gelände ca. 30 cm breit, ca. 50 cm lang und 4 cm dick herausgestochen. Der Standort der Gewinnung muss in der Zusammensetzung seiner Pflanzen dem Standort der Ansiedlung entsprechen. Die Soden werden auf eine Mutterbodenschicht im Verband dicht aneinander aufgesetzt und angeklopft.
- **Verwenden von Rollrasen**
  Rollrasen wird auf vorbereiteten Flächen der späteren Verwendung entsprechend angezogen. Er wird nach Fertigstellung in ca. 1,00 m breiten Bahnen aufgerollt, zur Baustelle transportiert und dort eingebaut.
- **Anspritzen von Rasensamen**
  Bei diesem Samen handelt es sich um eine flüssige Mischung von Grassamen, Kunststoff als Haftmittel und Dünger.

15.1.2 Faschinenbauweise

Die Faschinenbauweise ermöglicht die Sicherung auch steilerer Uferböschungen. Dabei handelt es sich um natürliche Baustoffe, die eine Vorfertigung auch größerer Bauelemente zulassen. Die gebräuchlichsten Baustoffe bzw. Bauweisen sind

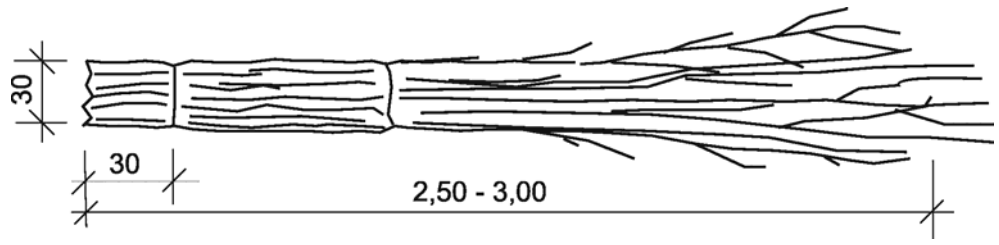
- Faschinen
- Wippen (Faschinenwürste)
- Faschinenwalzen
- Senkfaschinen (Faschinensenkwalzen)
- Buschkiste
- Buschmatten
- Faschinenmatten
- Packfaschinat
- Spreutlage
- Rauwehr
- Sinkstück

Faschinen

Faschinen (Bild 15-9) sind Reisigbündel von 2,50 m bis 3,00 m Länge. Sie haben einen Durchmesser von etwa 30 cm am Stammende. Es sollen möglichst Holzarten verwendet werden, die weich und glatt sind. Am besten eignen sich Weiden und Haselnusshölzer. Die einzelnen Hölzer sollen am Stammende nicht dicker als 3 bis 4 cm sein. Eine Faschine wird etwa 2 bis 3 mal mit Bindedraht von 1,2 mm Dicke gebunden.

Wahlweise kann bei der Herstellung von Faschinenbauwerken bewurzelungsfähiges oder nicht bewurzelungsfähiges Reisig verwendet werden. Bei Verwendung von bewurzelungsfähigem Reisig kann die

Ufersicherung im Lebendbau ausgeführt werden. Das Reisig wird dann in den Boden gelegt und leicht übererdet. Das Ufer wird aufgrund der Durchwurzelung nicht nur befestigt, sondern auch begrünt.



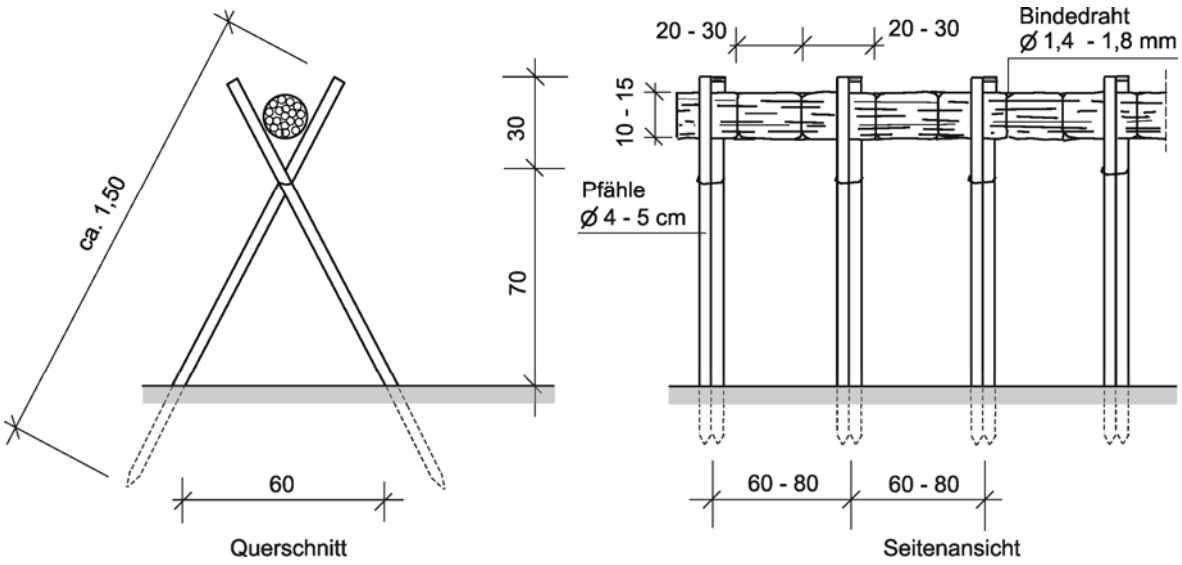
15-9 Faschine

Wippen (Faschinenwürste)

Wippen (Bild15-10) sind zylindrische Körper aus Reisig von 10 bis 20 m Länge und 10 bis 15 cm Durchmesser. Der verwendete Reisig soll biegsam, unverzweigt und 3 bis 5 m lang sein. Die Wippen werden auf Pfahlböcken (Wurstbänken) hergestellt, die am Ufer im Abstand von 60 bis 80 cm aufgestellt werden. In die offene Gabel der Pfähle wird das Reisig (Faschinat) so eingelegt, dass die Stammenden im Inneren verteilt liegen und vom Buschwerk umhüllt sind.

Die Wippen werden alle 20 bis 30 cm mit geglühtem Stahldraht gebunden.

Das Festnageln der Wippen erfolgt mit Pfählen von 4 bis 5 cm Dicke und 1 m Länge. Wippen werden für Böschungsfußbefestigungen und zur Befestigung von Faschinenmatten, Packfaschinat, Spreutlage und Rauwehr verwendet.



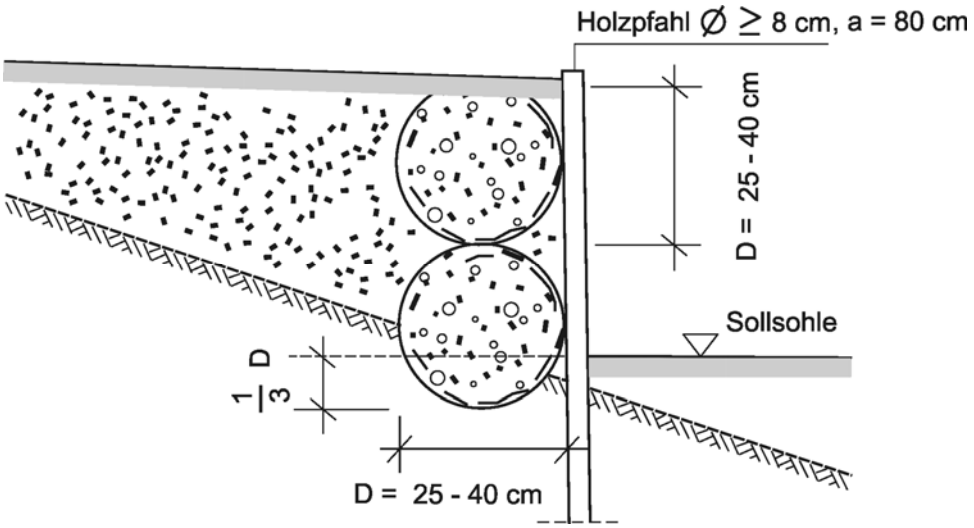
15-10 Wippe mit Wurstbank

Faschinenwalzen

Faschinenwalzen (Bild 15-11) sind zylindrische Körper von 4 bis 20 m Länge und 25 bis 40 cm Durchmesser aus Reisig. Sie werden in Abständen von 30 bis 60 cm mit geglühtem Stahldraht gebunden. Ihre Herstellung entspricht der der Wippen. Die Wurstbank benötigt jedoch größere Öffnungen.

Faschinenwalzen dienen hauptsächlich der Befestigung des Böschungsfußes. Beim Verlegen am Böschungsfuß sollen sie zu etwa 1/3 ihrer Dicke unter der Sollsohle liegen. Bei höheren Böschungen bzw. Wasserständen können auch mehrere Faschinenwalzen übereinander angeordnet werden. Wasserseitig

werden die Walzen durch Pfähle gehalten. Die Pfähle von mindestens 8 cm Durchmesser werden in Abständen von 80 cm eingeschlagen. Die Länge der Pfähle richtet sich nach der Bodenart.



15-11 Faschinenwalzen

Senkfaschinen (Faschinensenkwalzen)

Senkfaschinen (Bild 15-12) sind zylindrische Körper von 0,80 m bis 1,20 m Durchmesser und Längen bis zu 6,00 m. Sie bestehen aus Reisig mit einem Steinkern. Die Faschinenumhüllung beträgt in gepresstem Zustand 15 cm bis 20 cm.

Zur Herstellung der Senkfaschine wird eine Senkfaschinenbank gebaut. Um die Walze fest zusammenbinden zu können, wird sie auf der Bank mit Hilfe einer Würgekette und von zwei Würgebäumen straff zusammen gezogen und alle 30 cm mit einem geglühten Stahldraht von mindestens 2 mm Dicke doppelt zusammengebunden.

Senkfaschinen werden wegen ihres Gewichtes direkt am Wasser hergestellt. Man lässt sie auf Hölzer ins Wasser abgleiten oder baut sie mit einem Kran ein.

Senkfaschinen werden hauptsächlich zur Fußbefestigung von Böschungen verwendet.

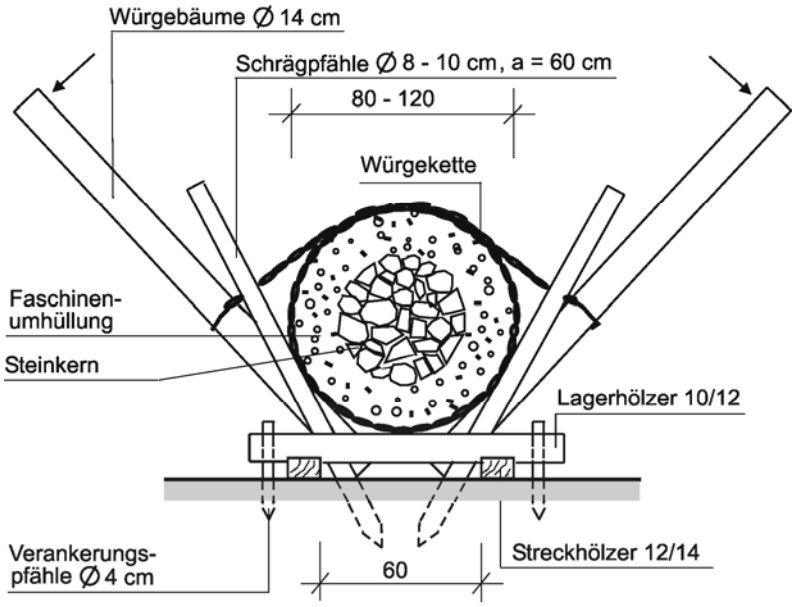
Weitere Einsatzmöglichkeiten sind die Beseitigung von Übertiefen und als Kern beim Bau von Buhnen und Parallelwerken.

Buschkiste (Buschlahnungen)

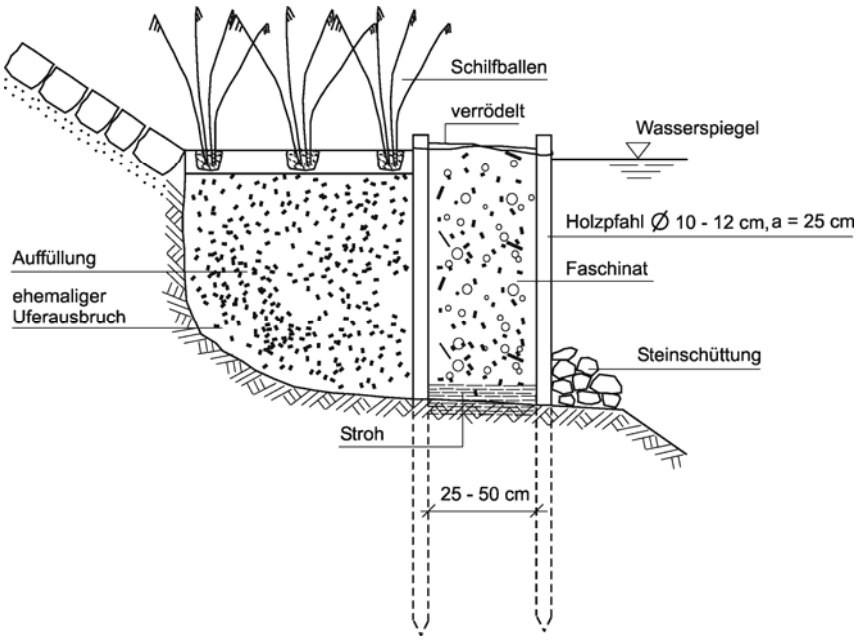
Die Buschkiste (Bild 15-13) besteht aus zwei Pfahlreihen im Abstand von 25 bis 50 cm. Die im Abstand von 25 cm angeordeten Pfähle haben einen Durchmesser von 10 bis 12 cm und eine Länge von 1,75 m bis 3,00 m.

Zwischen die Pfahlreihen wird eine Packung aus Reisig gelegt. Bei sandigem Boden wird eine ca. 40 cm dicke Schicht aus Stroh oder Heidekraut unter die Faschinenpackung gelegt und zur Hälfte eingegraben. Das Faschinat wird mit Stahldraht gegen Aufschwimmen und durch seitlichen Bodenanwurf oder eine Steinschüttung gegen Unterspülung gesichert.

Die Buschkiste wird insbesondere im Küstenschutz verwendet. Sie fördert die Schlickablagerung und dient als Fußbefestigung.



15-12 Senkfaschine (Querschnitt)



15-13 Buschkiste

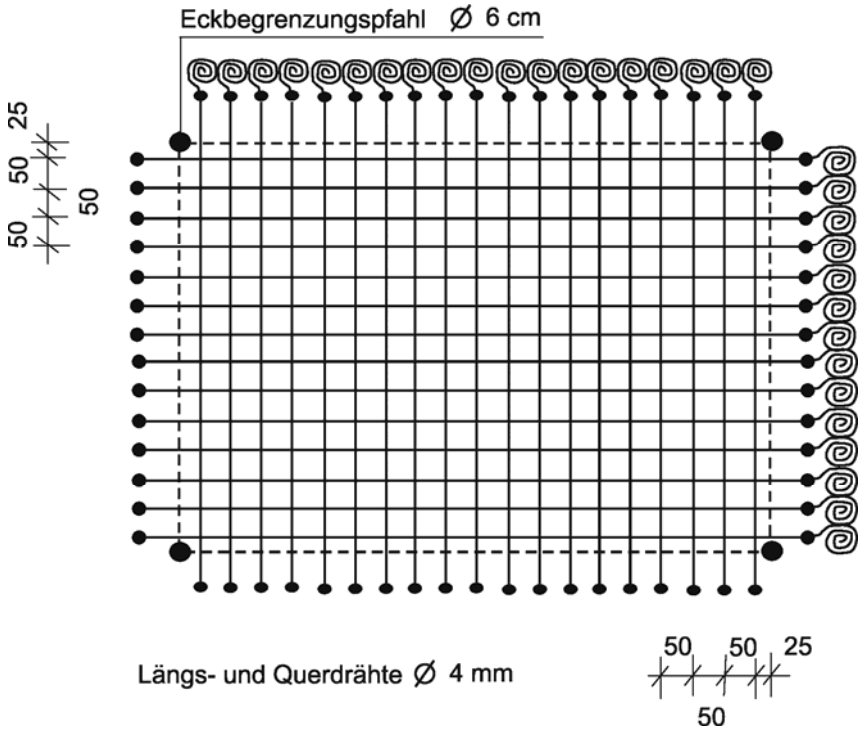
Buschmatten

Buschmatten (Bild 15-14) bestehen aus zwei kreuzweise eingebrachten Lagen Reisig von je 10 bis 30 cm Dicke. Das Reisig wird oben und unten durch einen Drahtrost aus verzinktem Stahldraht im Abstand von 50 cm gehalten. An den Kreuzungsstellen wird der obere Drahtrost mit dem unteren verrödelt.

Möglich ist auch die Herstellung der Buschmatte aus nur einer Lage Reisig. Diese hat den Vorteil, dass sie sich aufrollen lässt (Rollmatte).

Buschmatten dienen der Flächensicherung von Böschungen und Sohlen. Bei Steinsicherung dient die Matte bei feinkörnigen Böden als Filter.

Soll eine Böschung im Lebendbau gesichert werden, wird die Matte mit Pfählen angenagelt und mit Mutterboden abgedeckt und eingeschwemmt.



15-14 Herstellung der Buschmatte (Draufsicht auf den Drahtrost)

Faschinenmatten

Faschinenmatten (Bild 15-15) bestehen aus Wippen, die in in Fließrichtung verlegt und miteinander verrödelt werden. Durch schräg gerichtete Wippen im Abstand von 1,00 bis 2,00 m werden die Matten mit Pfählen befestigt.

Faschinenmatten dienen der Flächensicherung von Böschungen.

Packfaschinat

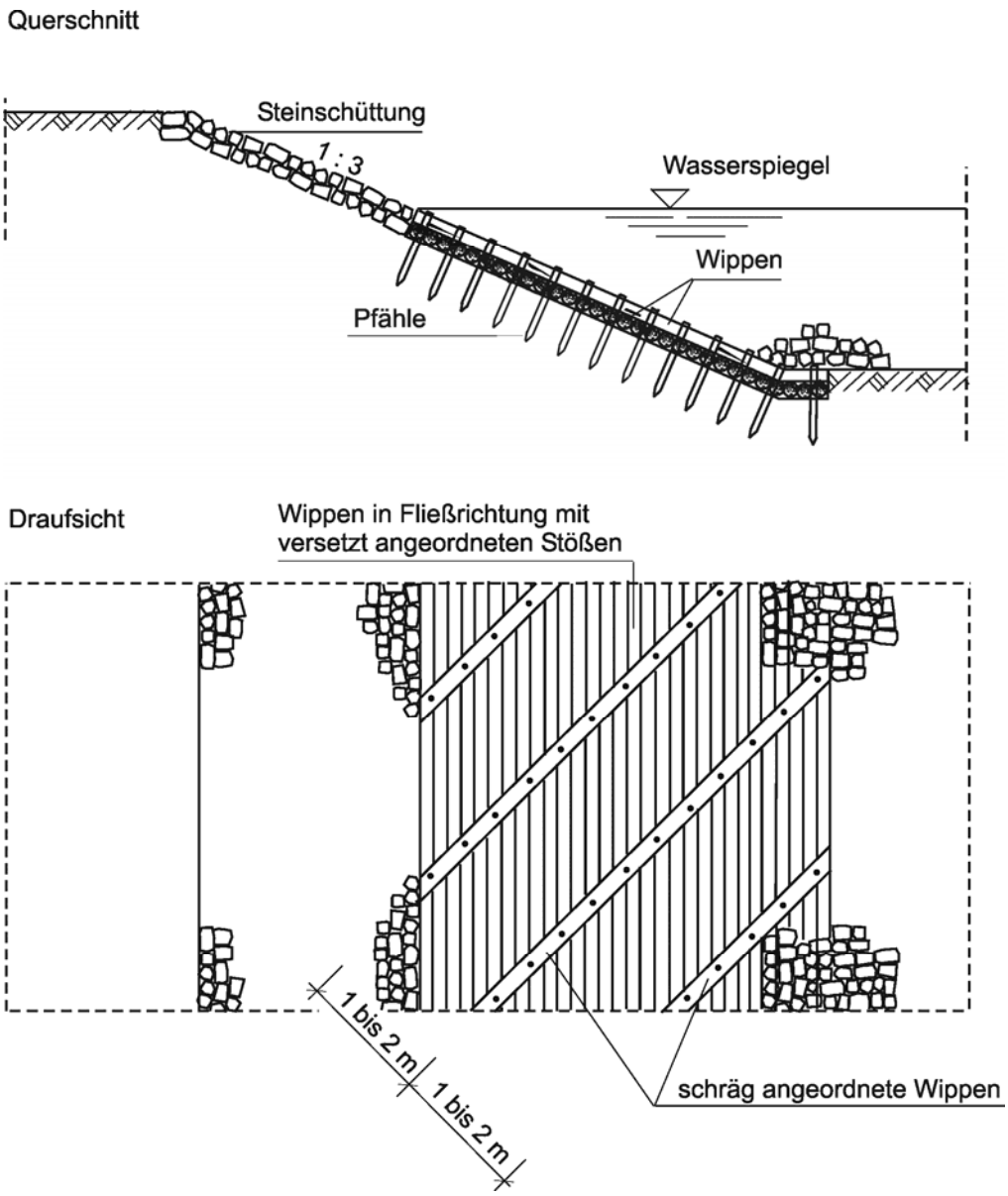
Packfaschinat (Bild 15-16) besteht aus kreuzweise verlegten Schichten von Faschinen in einer Dicke von 20 bis 30 cm. Die Faschinen werden im Abstand von 60 cm mit Wippen befestigt. Zwischen den Wippen und darüber wird eine 20 bis 30 cm dicke Schicht aus Sand oder Kies aufgebracht. Die Abdeckung wird verdichtet, so dass alle Hohlräume ausgefüllt sind.

Packfaschinat wird insbesondere zum Verbau von Uferabbrüchen verwendet.

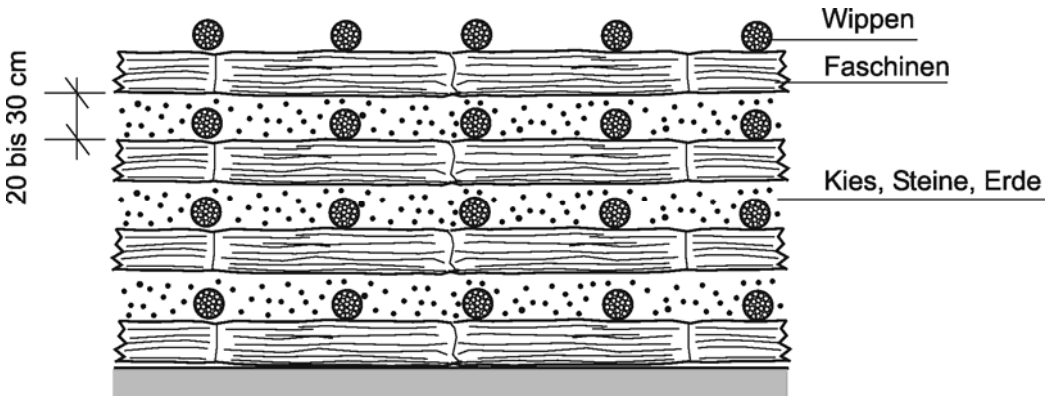
Spreutlage

Eine Spreutlage (Bild 15-17) besteht aus Faschinat, das in 5 bis 10 cm Dicke quer zur Stromrichtung in bis zu 20 cm tiefen Gräben verlegt wird. Die Wipfelenden werden dem Wasser zu gelegt. Die zweite und jede weitere Lage muss die Wipfelenden der vorherigen um ein Drittel überdecken. Anschließend werden die Stammenden jeder einzelnen Lage in Längsrichtung durch eine Wippe gesichert und die Fläche mit Sand oder Kies beworfen.

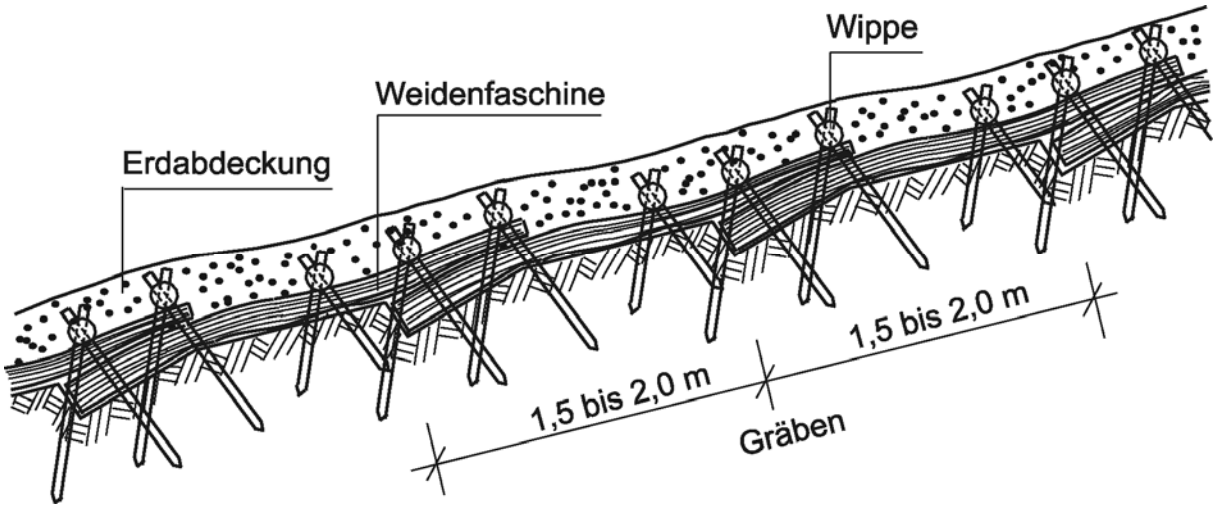
Spreutlagen dienen der Böschungssicherung. Verwendet man Weidenreisig, so treiben diese aus und verwurzeln mit der Böschung zu Lebendbau.



15-15 Faschinenmatte



15-16 Packfaschinat

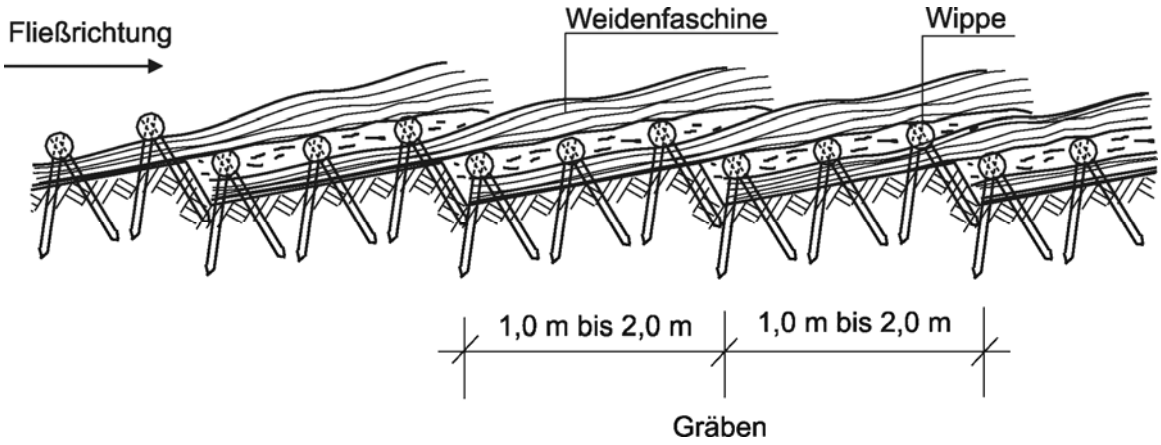


15-17 Spreutlage (Querschnitt durch die Böschung)

Rauwehr

Ein Rauwehr (Bild 15-18) ähnelt einer Spreutlage, die Reisigbündel werden jedoch parallel zur Fließrichtung in bis 40 cm tiefen Gräben verlegt. Es wird unterstromig begonnen und entgegen der Fließrichtung aufgebaut. Die Wipfelenden werden nach unterstrom gelegt. Gesichert wird die Reisiglage durch Wippen. Ein Bedecken mit Sand oder Kies erfolgt nicht.

Rauwehr dient der Böschungssicherung. Verwendet man Weidenreisig, so treibt dieses aus und verwurzelt mit der Böschung zu Lebendbau.



15-18 Rauwehr (Längsschnitt durch die Böschung)

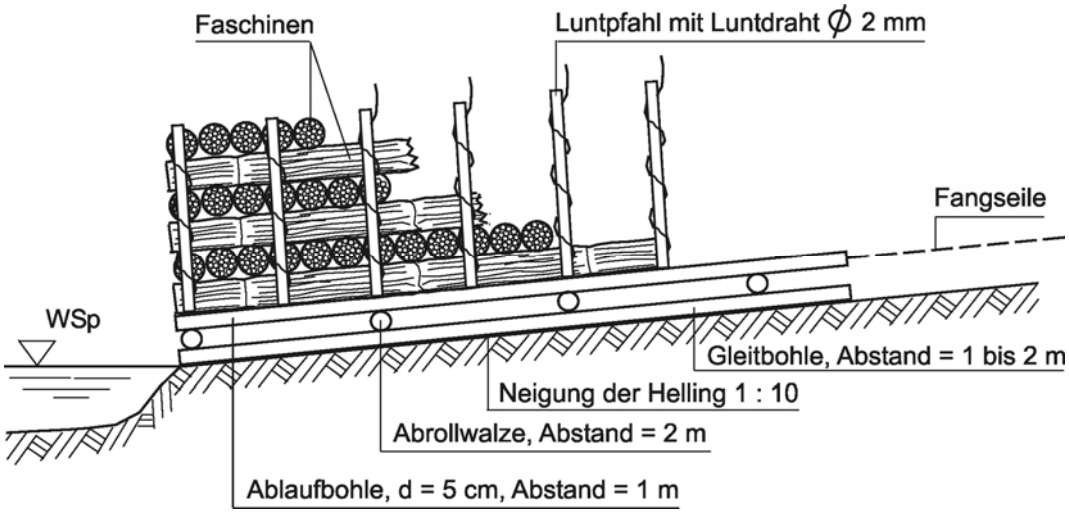
Sinkstück

Sinkstücke (Bild 15-19) sind die größten Baukörper, die aus Faschinen bestehen.

Die Größe der Sinkstücke richtet sich nach dem Verwendungszweck. Sinkstücke können in beliebigen Längen und Breiten bei einer Höhe bis zwei Meter hergestellt werden.

Der Bau eines Sinkstückes erfolgt auf einer Helling, die mit einer Neigung von 1 : 10 so angelegt wird, dass das Sinkstück gleichmäßig ins Wasser gelassen werden kann.

Das Sinkstück wird oben und unten durch einen Drahtrost oder durch einen Rost aus Wippen gehalten. Die Faschinen werden kreuzweise verlegt. Die beiden Roste werden durch Luntdrähte mit Hilfe von Luntpfählen miteinander verbunden.
Sinkstücke werden eingeschwommen und an der Baustelle abgesenkt. Dies geschieht mit als Ballast dienenden Schüttsteinen mit Hilfe eines Steinstürzers.
Sinkstücke werden zur Beseitigung von Übertiefen, beim Bau von Deichen, zur Stabilisierung des Untergrundes beim Bau von Leitdämmen, Buhnen und Molen, zur Fußsicherung von Böschungen und zur Sohlensicherung bei Sperrwerken und Schleusen verwendet.


Faschinen
Luntpfahl mit Luntdraht ϕ 2 mm
Fangseile
WSp
Gleitbohle, Abstand = 1 bis 2 m
Neigung der Helling 1 : 10
Abrollwalze, Abstand = 2 m
Ablaufbohle, d = 5 cm, Abstand = 1 m

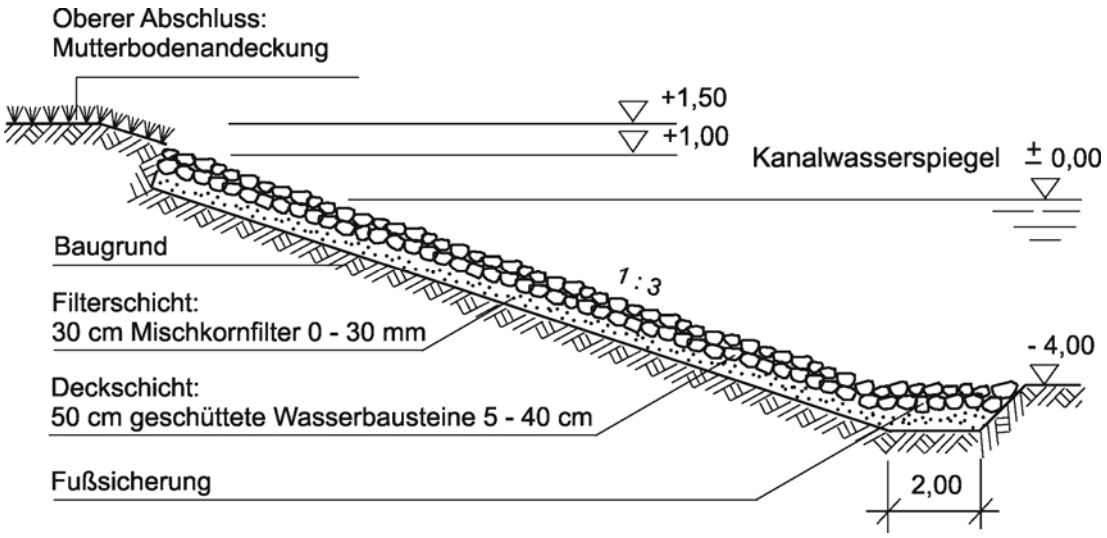
15-19 Sinkstück auf der Helling (Querschnitt)

15.1.3 Uferdeckwerke – Grundlagen

Aufgabe

Als Deckwerk wird die flächenhafte durchlässige oder dichte Befestigung der Ufer- und Dammböschung sowie der Sohle eines Gewässers bezeichnet. Es besteht im Allgemeinen aus einer Deckschicht mit einem darunter liegenden Filter und ggf. einer Dichtung auf einer Trennlage (Bild 15-20).
Ein durchlässiges Deckwerk ermöglicht den ungehinderten Wasseraustausch zwischen Untergrund und Wasserstraße. Als durchlässige Deckwerke werden die Ufersicherungen freifließender und staugeregelter Flüsse ausgeführt. Die Deckwerke von Kanälen, in denen der Grundwasserspiegel über dem freien Kanalwasserspiegel liegt, sind ebenfalls durchlässig.
Ein dichtes Deckwerk verhindert den Wasseraustausch zwischen Wasserstraße und Untergrund. Dichte Deckwerke finden Anwendung beim Bau von Kanälen in Bereichen, in denen der Kanalwasserspiegel über dem Grundwasserspiegel liegt bzw. über dem Erdplanum (also in Dammstrecken). Damit werden sowohl Wasserverluste vermieden als auch die Standsicherheit der Seitendämme in Dammstrecken gewährleistet.
Die Elemente eines Uferdeckwerkes sind

- Deckschicht
- Filterschicht/Trennlage
- Ggf. Dichtung
- Baugrund
- Oberer Abschluss
- Fußsicherung.



15-20 Durchlässiges Uferdeckwerk

Deckschicht

Die Deckschicht ist die oberste erosionsfeste Schicht einer Böschungs- oder Sohlensicherung. Bei Regelbauweisen der WSV ist dies die Lage der Wasserbausteine.

Für eine Deckschicht dürfen nur Materialien verwendet werden, die ihr einen ausreichenden Widerstand gegen Erosion sowie gegen Ankerwurf und Schiffsstoß geben. Als Deckschichtmaterialien sind geeignet:

- Wasserbausteine (Schüttsteine)
- Pflaster aus Natursteinen, Betonform- und Betonverbundsteinen
- Hydraulisch- und bitumengebundene Vergussstoffe
- Asphaltbeton
- Gießasphalt

Deckschicht aus Wasserbausteinen

Die Anforderungen an Wasserbausteine sind in der DIN EN 13383 „Wasserbausteine, Teil 1: Anforderungen“ geregelt. Zusätzlich gelten die „Technischen Lieferbedingungen für Wasserbausteine“ (TLW). Die DIN EN 13383 unterscheidet verschiedene Standard-Steinklassen mit unterschiedlicher Widerstandsfähigkeit gegen hydraulische Einwirkungen (Kap. 6.2.4).

Für Deckschichten an Binnenwasserstraßen werden üblicherweise die nachfolgend genannten Klassen verwendet:

$CP_{90/250}$ mit einer Größe von 90 bis 250 mm
$LMB_{5/40}$ mit einem Gewicht von 5 bis 40 kg
$LMB_{10/60}$ mit einem Gewicht von 10 bis 60 kg.

Außer Wasserbausteinen aus festem Gestein sind auch industriell hergestellte Wasserbausteine geeignet:

- LD-Schlacke (LDS)
- Elektroofenschlacke (EOS)
- Kupferhüttenschlacke (CUS).

Deckschicht aus Böschungspflaster

Eine Böschung soll eine möglichst flache Neigung aufweisen, denn je flacher eine Böschung ist, umso geringer ist der Unterhaltungsaufwand. Bei einer Neigung von etwa 1 : 3 können für das Deckwerk Schüttsteine verwendet werden, deren Einbau mit geeigneten Geräten erfolgt. Soll eine Böschung jedoch

eine steilere Neigung erhalten, was z. B. aufgrund nicht ausreichend zur Verfügung stehenden Geländes erforderlich ist, ist das Deckwerk als Pflasterböschung anzulegen. Pflasterarbeiten können in der Regel nur im Trockenen, also bei entsprechend niedrigem Wasserstand ausgeführt werden.
Ein gebräuchliches Pflaster ist das Reihenpflaster aus fünfseitigen behauenen Natursteinen von 20 bis 60 cm Dicke. Böschungspflaster kann auch aus Form- und Verbundpflastersteinen aus Beton hergestellt werden. Die Formen von Betonpflastersteinen sind nicht genormt, die Steine müssen jedoch den Anforderungen der DIN EN 13383 genügen.

Deckschicht aus Vergussstoffen
Vergussstoffe sind im Einbauzustand fließfähige Baustoffe, die sich nach einer Erstarrungszeit verfestigen. Als Vergussmaterial empfehlen die Regelbauweisen der WSV die Verwendung von dichten hydraulisch gebundenen Vergussstoffen. Der Einsatz wasserdurchlässiger Vergussstoffe hat sich gegenüber dem Teilverguss mit dichten Vergussstoffen nicht durchgesetzt. Bitumengebundene Vergussstoffe (Asphalt) werden aus wirtschaftlichen Gründen und aufgrund des schwierigen Einbaus unter Wasser an Bundeswasserstraßen nicht mehr eingesetzt.
Bei einem Teilverguss (Verklammerung) werden die Hohlräume zwischen den Wasserbausteinen nur zum Teil mit dichtem Vergussstoff verfüllt.
Bei einem Vollverguss werden die Hohlräume zwischen den Wasserbausteinen vollständig verfüllt.

Filterschicht/Trennlage
Ein Filter soll den Boden unter den möglichen hydraulischen Einwirkungen zurückhalten. Er soll außerdem den Durchfluss von Grundwasser ohne Ansteigen der Sickerlinie zulassen. Als Filter werden Filter aus Gesteinskörnungen (Kornfilter) und Textilfilter (Geotextil) verwendet.
Dichte Deckwerke benötigen keinen Filter, stattdessen wird ein Geotextil als Trennlage verwendet. Die Trennlage verhindert eine Durchmischung bzw. Durchdringung von unterschiedlichen Mineralkornlagen oder eine Erosion.

Dichtung
Eine Dichtung wird in der Regel als Oberflächendichtung auf Böschungen oder Sohlen hergestellt. Dichtungen werden nach Weichdichtungen und Hartdichtungen unterschieden.
Als Weichdichtungen werden die folgenden Dichtungsarten an Wasserstraßen eingesetzt:

- Naturtondichtung
- Dauerplastische Dichtungen mit Ton und hydraulischen Bindemitteln
- Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD).

Als Hartdichtungen werden bei den Regelbauweisen lediglich Wasserbausteine mit einem Vollverguss aus dichtem hydraulisch gebundenen Vergussstoff betrachtet.

Baugrund
Der Baugrund nimmt im Endzustand den vollen Wasserdruck über das Deckwerk auf. Um spätere Setzungen zu vermeiden, ist für eine ausreichende Verdichtung zu sorgen, ggf. ist ein Bodenaustausch oder eine Bodenstabilisierung vorzunehmen.

Oberer Abschluss einer Böschungssicherung
Eine Böschungssicherung muss auch den Wellenauflaufbereich abdecken. Sie ist mindestens 0,70 m über den oberen Betriebswasserstand bzw. HSW zu führen und an ihrem oberen Ende so auszubilden, dass sie durch Oberflächenwasser nicht unterspült werden kann.

Fußsicherung
Die Fußsicherung ist der untere Abschluss einer Böschungssicherung, wenn keine Sohlensicherung erfolgt. Die Fußsicherung hat die Aufgabe, Auskolkungen und Unterspülen und damit ein Abrutschen der Böschung zu verhindern.

15.1.4 Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen

Für die Ausbildung der Böschungs- und Sohlensicherungen der Binnenwasserstraßen wurden von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) Regelbauweisen entwickelt, die unter vorgegebenen Randbedingungen ohne rechnerischen Nachweis anwendbar sind. Die Regelbauweisen kommen für Neigungen von 1 : 3 oder flacher zur Anwendung, sie sind also für das „Trapezprofil“ und das „Rechtecktrapezprofil“ (Kap. 11.4) vorgesehen.
Alle Bauweisen sind technisch gleichwertig. Die Auswahl der Bauweise richtet sich nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien.
Randbedingungen für die Anwendung der Regelbauweisen sind die

- verkehrenden Schiffstypen
- Kanalquerschnitte
- verschiedenen Böden des Baugrundes.

Grundlage als Bemessungsschiffe sind die auf Binnenschifffahrtskanälen der Klasse Vb häufig verkehrenden Schiffe mit Standardabmessungen: Europaschiff, Großmotorgüterschiff, Schubverband, überlanges Großmotorgüterschiff.
Bei der Einzelfahrt treten die größten hydraulischen Belastungen des Deckwerkes auf, bei Begnungen und Überholungen dagegen ist die Belastung aufgrund niedrigerer Fahrgeschwindigkeit und veränderter Querschnittsverhältnisse geringer. Die Belastungen des Schraubenstrahls eines Schiffes in Fahrt führen nur zu geringen Einzelkolktiefen, wenn lose Wasserbausteine der Klasse $LMB_{5/40}$ mit einer Rohdichte von 2650 kg/m^3 verwendet werden. Diese Kolke sind noch akzeptabel. Manövrierfahrten führen dagegen zu höheren Belastungen. In Bereichen, in denen häufig Manöver durchgeführt werden, ist deshalb z. B. die Sohle tiefer zu legen oder eine teilvergossene Deckschicht vorzusehen.
Die Regelbauweisen gelten für

- das Trapezprofil (T-Profil) und
- das Rechtecktrapezprofil (RT-Profil).

Diese Profile haben bei dem unteren Betriebswasserstand BW_u eine Wassertiefe von 4,00 m. Bei größeren Wassertiefen sind die auftretenden Belastungen geringer und deshalb nicht bemessungsrelevant.
Die Standsicherheit der Böschung hängt maßgeblich von dem anstehenden Boden ab. Die Regelbauweisen gelten für fünf verschiedene Böden:
B1: Sande und Kiese
B2: Sande
B3: schluffige Sande und Kiese
B4: Schluffe, stark schluffige Sande und Kiese
B5: kohäsive Böden.

Die Regelbauweisen sind je nach konstruktivem Aufbau durchlässig oder dicht. Ein dichtes Deckwerk kann mit einer Dichtungschicht unter der durchlässigen Deck- bzw.Trennschicht oder durch einen Vollverguss der Deckschicht aus Wasserbausteinen erreicht werden.

Die Mindestdicke der Deckschicht ergibt sich aus der geotechnischen Bemessung sowie der Berücksichtigung der Schiffsanfahrung, der Ungleichkörnigkeit der Steinschüttung, der Stabilität des Steingerüstes, dem Ankerwurf und der Art des Filters. Maßgebend ist die jeweils größte Deckschichtdicke.
Das Gewicht einer Steinschüttung wird wesentlich durch den Hohlaumgehalt bestimmt. Bei geschütteten Wasserbausteinen ist mit folgenden Hohlraumanteilen zu rechnen:

a) ca. 50 bis 55 % bei Verklappen unter Wasser
b) ca. 45 % bei Schüttung im Trockenen
c) ca. 30 bis 40 % bei Nacharbeiten von Hand.

Für die nachfolgend aufgeführten Regelbauweisen wird von einem Hohlraumgehalt von 50 % ausgegangen.

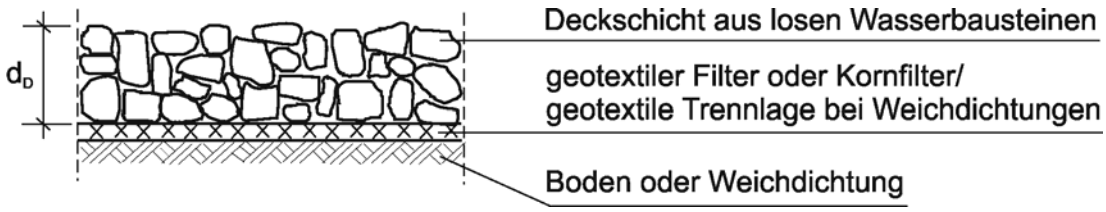
Bei der Anwendung dieser Regelbauweisen sind folgende Merkblätter zu beachten:

- Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (MAR)
- Anwendung von geotextilen Filtern (MAG)
- Anwendung von Kornfiltern (MAK)
- Anwendung von Vergussstoffen (MAV).

Außerdem sind zu beachten:

- Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine (TLW)
- Empfehlungen zur Anwendung von Oberflächendichtungen.

Deckschichten
Durchlässige Deckschichten aus losen Wasserbausteinen (Bild 15-21)



15-21 Durchlässige Deckschicht aus losen Wasserbausteinen (Schematische Darstellung im Querschnitt)

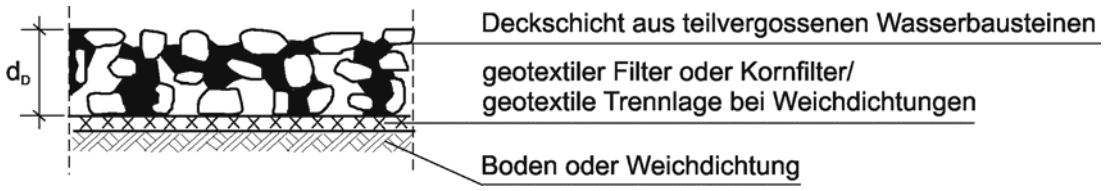
Die Deckschicht aus geschütteten, losen Wasserbausteinen kann auf einem geotextilen Filter oder Kornfilter eingebaut werden. Diese Bauweise stellt das übliche Deckwerk an Wasserstraßen dar. Sie besitzt eine große Flexibilität bei Untergrundverformungen und ausreichenden Widerstand gegen Schiffsanfahrungen, soweit diese im Wesentlichen parallel zum Kanal verlaufen. Die Herstellung und Reparatur des Deckwerkes sind auch unter Wasser mit geringem Geräteaufwand möglich. Eine Begrünung des Deckwerkes ist möglich.
Die empfohlenen Deckschichtdicken sind in der Tabelle 15-22 aufgeführt. Die entsprechenden Schichdicken für anwendbare alternative Steinklassen sind in der Anlage zum MAR zusammengestellt.

Rohdichte [kg/m³]	WBSt-Klasse	Empfohlene Deckschichtdicken d_D [m]					
		Böschung				Sohle	
		Geotextil			Kornfilter	Geotextil	Kornfilter
		B1, B2, B5*	B3	B4	alle Böden	alle Böden	alle Böden
2300	$LMB_{10/60}$	0,70	0,85	0,95	0,70	0,70	0,70
2650	$LMB_{5/40}$	0,60	0,70	0,80	0,60	0,60	0,60
3000	$LMB_{5/40}$	0,55	0,60	0,70	0,55	0,60	0,55
3600	$CP_{90/250}$	0,50	0,50	0,60	0,50	0,60	0,50

*B5 einschließlich Weichdichtungen

15-22 Empfohlene Deckschichtdicken aus losen Wasserbausteinen für Böschung und Sohle

Durchlässige Deckschichten aus teilvergossenen Wasserbausteinen (Bild 15-23)



15-23 Durchlässige Deckschicht aus teilvergossenen Wasserbausteinen (Schematische Darstellung im Querschnitt)

Die Deckschicht aus geschütteten Wasserbausteinen und einem Teilverguss aus einem dichten Vergusstoff kann auf einem gotextilen Filter oder Kornfilter eingebaut werden. Teilverguss wird angewendet, wenn

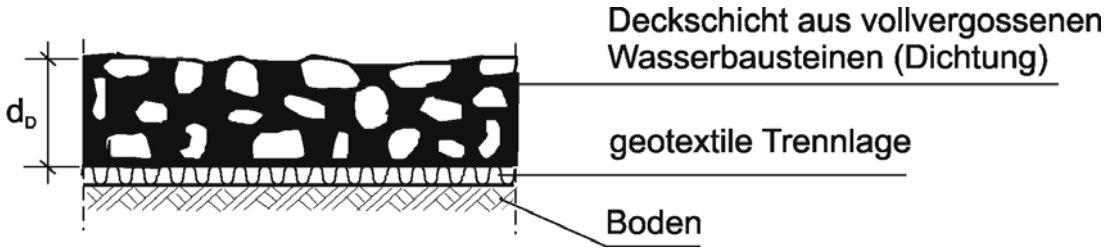
- die Lagestabilität der Wasserbausteine nicht ausreicht (z. B. Wellenschlag, Strömung)
- Ankerwurf oder Schiffsstoß eine unwirtschaftliche Dicke des Deckwerkes ergeben würde
- bei nur lokal auftretenden Einwirkungen (z. B. Übergang von einer Spundwand auf ungebundene Wasserbausteine, Freizeiteinwirkung wie Angler, Eis).

Diese Bauweise besitzt nur eine begrenzte Stabilität, die von der Vergussstoffmenge bestimmt wird. Herstellung und Reparatur sind unter Wasser nur durch eine Fachfirma möglich. Risiken liegen beim Unterwassereinbau in der Überwachung der Vergussarbeiten. Beschädigungen durch Schiffsanfahrung sollten zeitnah beseitigt werden, da sich lokale Fehlstellen vergrößern können.
Die empfohlenen Deckschichtdicken sind in der Tabelle 15-24 aufgeführt. Bei Verwendung von Steinen mit Rohdichten zwischen den aufgeführten Werten kann die erforderliche Schichtdicke den Diagrammen der Anlage zum MAR entnommen werden.

Steinklasse	Rohdichte [kg/m³]	Empfohlene Deckschichtdicken d_D [m]				
		Boden B1	Boden B2	Boden B3	Boden B4	Boden B5/ Weichdichtung
$CP_{90/250}$ oder $LMB_{5/40}$	2300	0,40	0,40	0,45	0,70	0,40
	2650	0,40	0,40	0,40	0,55	0,40
	3000	0,40	0,40	0,40	0,45	0,40
	3600	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40

15-24 Empfohlene Deckschichtdicken aus teilvergossenen Wasserbausteinen für Böschung und Sohle

Dichte Deckschichten aus vollvergossenen Wasserbausteinen (Bild 15-25)



15-25 Dichte Deckschicht aus vollvergossenenWasserbausteinen
(Schematische Darstellung im Querschnitt)

Die Deckschicht aus geschütteten Wasserbausteinen und einem Vollverguss aus einem dichten hydraulisch gebundenen Vergussstoff darf nur auf einer geotextilen Trennlage eingebaut werden. Empfohlen wird die Gewichtsklasse $LMB_{5/40}$ oder $LMB_{10/60}$.
Diese Bauweise wird angewendet

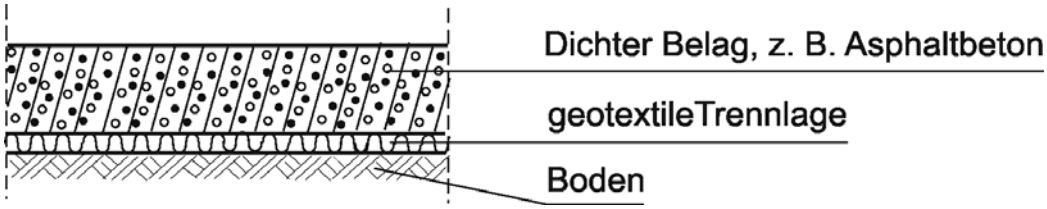
- für Dichtungen in Schifffahrtskanälen
- für Deckschichten in besonders stark belasteten Deckwerken, z. B. Kolkschutz unterhalb eines Wehres
- als Schutzschicht zur Sicherung von gefährdeten Bauwerken, z. B. als Ankerschutz über Dükern
- für Bauwerksanschlüsse bei starken hydrodynamischen Einwirkungen, z. B. Sicherung des Anschlusses eines Deckwerksfilters an Spundwände oder sonstige Bauwerke.

Dieses Deckwerk besitzt keine Flexibilität. Beschädigungen (Risse) durch Schifffsanfahrungen sind möglich. Diese müssen beseitigt werden, um die Dichtwirkung wieder herzustellen.
Die nachfolgend aufgeführten Mindestdicken (Tabelle 15-26) für eine dichte, vollvergossene Deckschicht sind ausreichend, wenn der Grundwasserspiegel dauerhaft unter dem bei Schiffsvorbeifahrt abgesenkten Kanalwasserspiegel liegt. Besteht hinter der Dichtung zeitweise oder ständig ein Wasserüberdruck, sind die erforderlichen Deckschichtdicken zu berechnen, damit eine ausreichende Auftriebssicherheit gewährleistet ist. Berechnungsgrundlagen sind in der Anlage zum MAR enthalten.

Rohdichte [kg/m^3]	$LMB_{5/40}$	$LMB_{10/60}$
< 3000	40 cm	50 cm
≥ 3000	40 cm	40 cm

15-26 Mindestdicken für vollvergossene Deckschichten in Abhängigkeit von der verwendeten Steinklasse und Rohdichte

Dichte erosionsfeste Beläge (Bild 15-27)



15-27 Dichter erosionsfester Belag (Schematische Darstellung im Querschnitt)

Diese Bauweise ist nicht als Regelbauweise eingestuft.
Ein Belag ist eine Deckschicht mit einem homogenen Aufbau, einer gleichmäßigen Einbaudicke und einem gleichmäßigen Flächengewicht (z. B. Asphaltbeton). Ein Belag bedarf keiner Schutzschicht. Eine Deckschicht aus gleichartigen Einzelelementen, die einen flächenhaften Zusammenhalt besitzen, wird ebenfalls als Belag bezeichnet.
Dichte erosionsfeste Beläge schützen die Böschung und die Sohle. Als Belag können Asphalt und Beton verwendet werden. Unter dem Belag ist eine Trennschicht vorzusehen.
Die Mindestdicke für Beton beträgt im Trockeneinbau 15 cm und beim Einbau unter Wasser 20 cm. Asphaltbeton lässt sich nur im Trockenen einbauen.
Diese Bauweise besitzt bei Verwendung von Asphaltbeton eine geringere Flexibilität als bei Gießasphalt. Sie ist bei Verwendung von Gießasphalt nicht setzungsempfindlich. Reparaturen sind unter Wasser wegen der Herstellung dichter Anschlüsse sehr aufwendig.
Beschädigungen (Risse) durch Schiffsanfahrungen sind möglich. Anfällig sind dichte Beläge gegen Durchwurzelung.

Oberer Abschluss einer Böschungssicherung

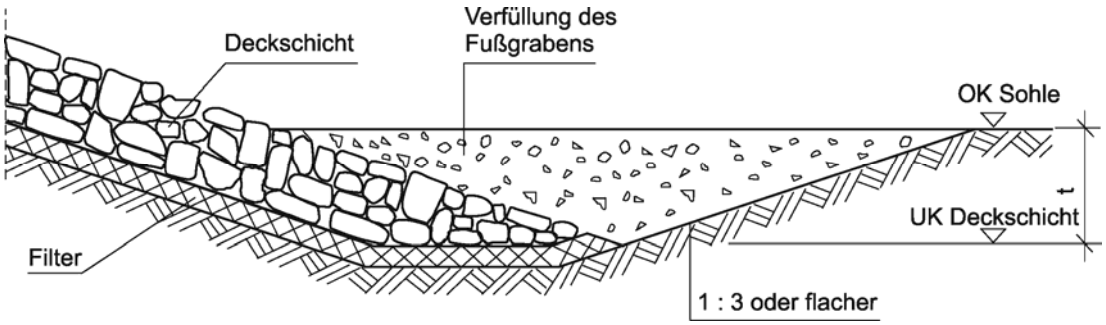
Die Böschungssicherung sollte mindestens 70 cm über den oberen Betriebswasserstand bzw. HSW geführt werden.

Fußsicherungen

Für alle Regelbauweisen wird die Fußeinbindung (Bild 15-28) – auch Fußverlängerung genannt – empfohlen. Für die Böden B2, B3 und B4 sind die Regelbauweisen mit einer Fußeinbindung mit einer Mindesteinbindetiefe von t = 1,50 m unter der Gewässersohle anwendbar. Sind kohäsive Böden B5 nicht erosionsstabil, gilt das auch für diese Böden.

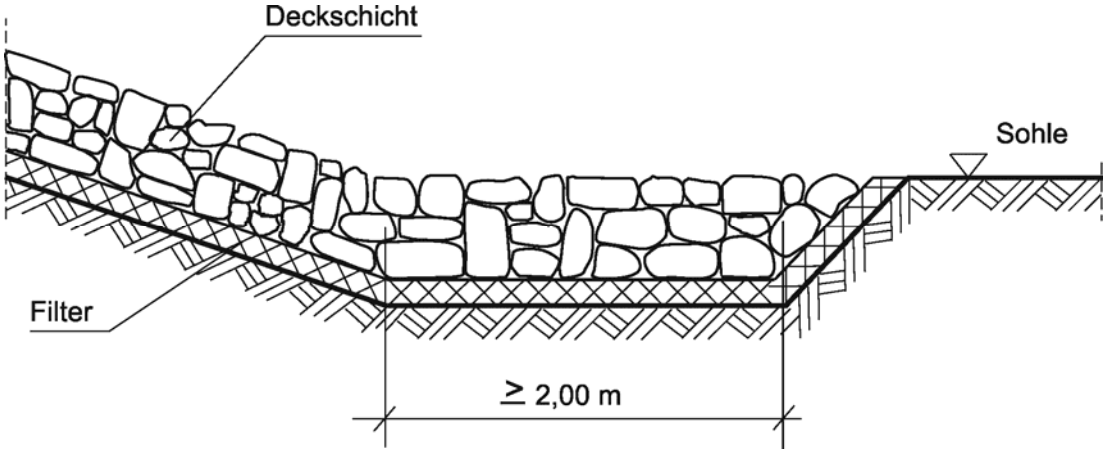
Beim Boden B1 ist eine Einbindtiefe von 1,00 m ausreichend.

Der Fußgraben wird mit dem anstehenden Boden verfüllt.



15-28 Fußeinbindung (Fußverlängerung)

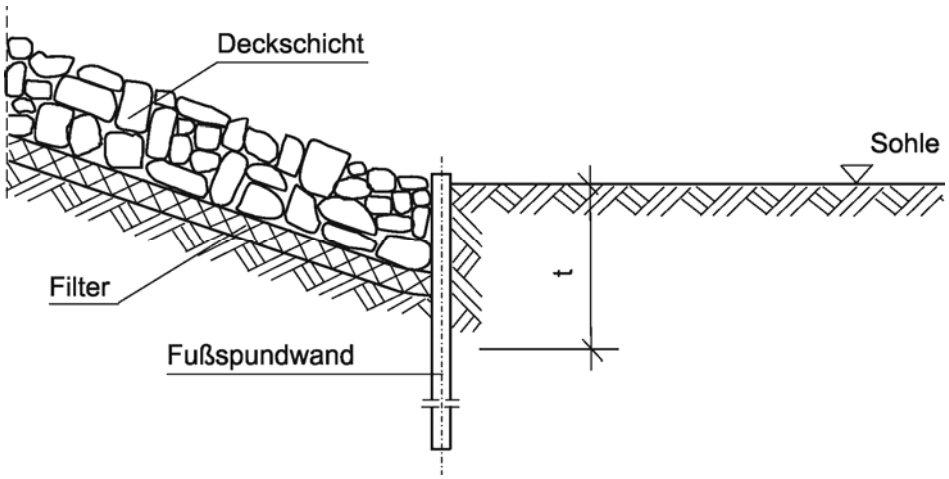
Auf Böden mit geringer Erosionsneigung kann auch eine Fußvorlage (Bild 15-29) angewendet werden. Bei der Fußvorlage wird die Bauweise der Böschungssicherung auf der Sohle weitergeführt. Sie ist auch unter Wasser herstellbar und reparierbar. Die Fußvorlage sollte eine Breite von mindestens 2 m besitzen.



15-29 Fußvorlage

Eine Fußspundwand (Bild 15-30) wird nur in Ausnahmefällen ausgeführt. Sie wird daher bei den Regelbauweisen nicht berücksichtigt.

Die Fußspundwand ist als unterer Abschluss einer Böschungssicherung auf allen rammbaren Böden geeignet. Bei kohäsionslosen Böden mit großer Erosionsneigung ist sie für eine Kolktiefe von mindestens 1,5 m, bei kiesigen Böden von mindestens 0,75 m zu bemessen. Die Böschungssicherung muss filterstabil an den Spundwandkopf angeschlossen werden. Die Spundwandschlösser sind bei kohäsionslosen, feinkörnigen Böden gegen Bodenverlust zu dichten.



15-30 Fußspundwand

15.2 Senkrechte Ufereinfassungen

Senkrechte Ufereinfassungen kommen zum Einsatz, wenn die örtlichen Verhältnisse eine Böschung mit relativ großem Geländeverbrauch nicht zulassen oder das Anlegen von Schiffen für Umschlagzwecke (Hafenanlagen) ermöglicht werden soll.
Diese Ufereinfassungen sind für folgende Lasten zu bemessen:

- Anlegedruck
- Wellendruck
- Eisangriff
- Sog
- Trossenzug
- lotrechte Nutzlasten (Krane, Lagergut, Verkehrsmittel)
- Erd- und Wasserdruck

Als senkrechte Ufereinfassungen werden ausgeführt:

- Spundwände
- Fangedämme
- Pfahlwände
- Winkelstützmauern
- Gegliederte Ufermauern
- Schwergewichtsmauern
- Ufermauern in Blockbauweise
- Gabionen
- Schlitzwände
- Pfahlrostbauwerke
- Senkkästen und Schwimmkästen

15.2.1 Spundwände

Als Spundwände bezeichnet man aneinander gereihte einzeln vertikal angeordnete Spundbohlen. Spundwände sind die wirtschaftlichsten senkrechten Ufereinfassungen. Sie werden in der Regel aus Stahlspundbohlen hergestellt, es gibt jedoch auch Spundwände aus Holz oder Stahl- sowie Spannbeton.

Holzspundwände

Holzspundwände werden als Dauerbauwerk verwendet, wenn Bohlen aus Beton oder Stahl aufgrund der örtlichen Verhältnisse starkem Angriff ausgesetzt sind.
Die Verwendung von Holzspundwänden setzt voraus, dass rammgünstiger Untergrund vorhanden ist, die Belastung nicht zu groß ist und die Gefahr des Befalls durch Holzschädlinge nicht besteht. Sie sollen sich möglichst unterhalb der Wasserwechselzone befinden. Als Material wird vorwiegend harzreiches Kiefernholz verwendet.
Die Bohlen sind bis zu 15 m lang, 25 cm breit und 6 bis 30 cm dick.
Holzspundwände dichten sich durch Quellen. Bei Baugrubenumschließungen oder als Revisionsverschluss werden zum zusätzlichen Abdichten Asche, Schlacke oder ähnliche umweltverträgliche Stoffe verwendet.

Stahlbetonspundwände

Stahlbetonspundwände werden eingesetzt bei erhöhter Rostgefahr oder bei Sandschliffgefahr (z. B. bei Seebuhnen). Für die Bestimmung der Mindestdruckfestigkeitsklasse ist die Expositionsklasse unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen maßgebend.
Die Bewehrung ist für die Lasten aus Befördern, Einbau und Betrieb zu bemessen. Sie besteht aus einer tragenden Längsbewehrung und einer als Wendel ausgebildeten Querbewehrung. Die Betondeckung der tragenden Bewehrung sollte mindestens 50 mm betragen.
Die Bohlen sind maximal 15 bis 20 m lang, die Dicke beträgt mindestens 14 cm, sie sollte aus Gewichtsgründen 40 cm nicht überschreiten. Die Bohlen sind 50 cm breit.

Stahlspundwände

Stahlspundwände sind die am häufigsten verwendeten senkrechten Ufereinfassungen, da sie

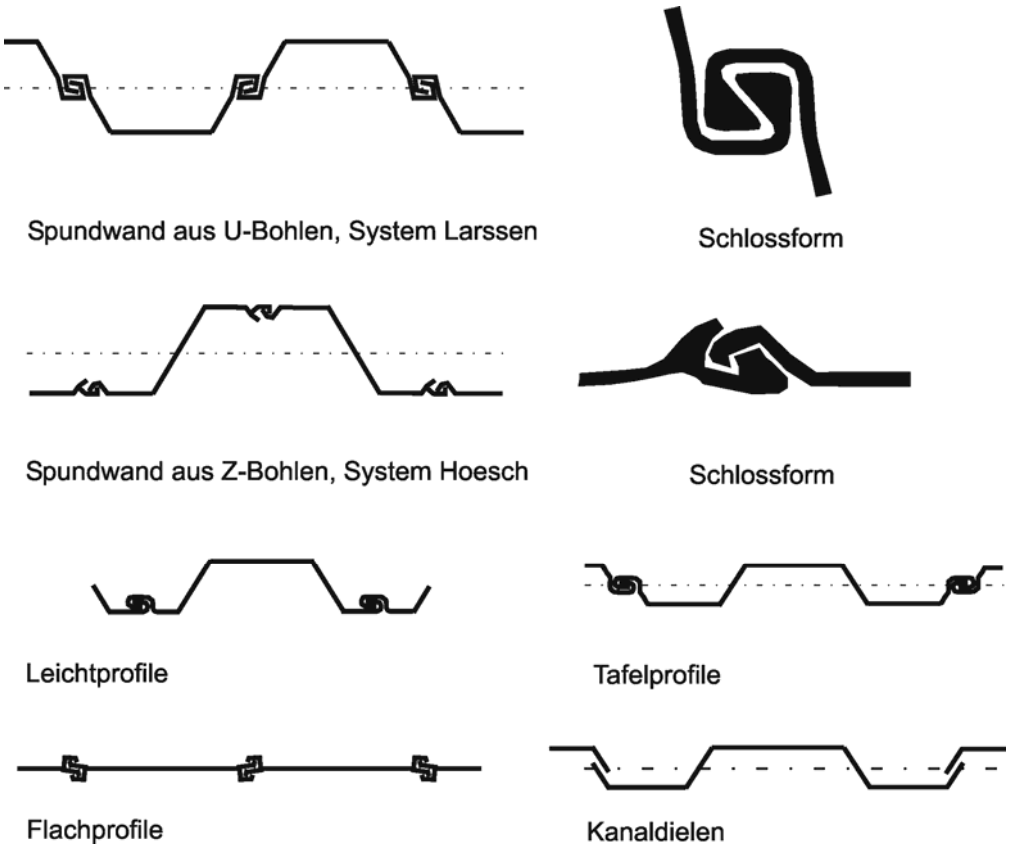
- aufgrund geringer Unterhaltungskosten und langer Lebensdauer wirtschaftlich sind
- die Anforderungen am besten erfüllen
- örtliche Überbelastungen gut aufnehmen.

Stahlspundbohlen unterscheidet man aufgrund ihrer Stahlgüte, Querschnittsform und Schlossausbildung.
Für den Bau von Stahlspundwänden werden folgende Profile (Querschnittsformen) verwendet (Bild 15-31):

- Spundbohlen Systeme Larssen und Hoesch
- Leichtprofile
- Tafelprofile
- Flachprofile
- Kanaldielen
- Pfähle.

An den Längsseiten der Spundbohlen befinden sich Schlösser, die beim Einbringen der Bohlen als Führung dienen und senkrecht zu ihrer Längsachse auch Zug- und Druckkräfte aufnehmen können. Durch die Schlösser werden die Spundbohlen zu durchgehenden Spundwänden verbunden.
Spundbohlen können auf verschiedene Arten in den Untergrund eingebracht werden:

- Rammen
- Rütteln
- Einpressen
- Einspülen
- Schlitzen.



15-31 Spundwandprofile

Die Lebensdauer der Stahlspundwände richtet sich nach der Profilgröße, der Stahlsorte und den Umgebungsbedingungen. Den größten Einfluss auf die Tragsicherheit, Gebrauchsfähigkeit und Dauerhaftigkeit hat in der Regel die Korrosion. Üblich ist daher eine Überdimensionierung durch die Wahl größerer Wanddicken. Ein Korrosionsschutz ist außerdem möglich durch

- Beschichtungen
- kathodischen Korrosionsschutz
- Legierungszusätze
- Konstruktive Maßnahmen (z. B. Ableiten des Oberflächenwassers usw.).

Sandschliffgefahr insbesondere bei Stahlspundwänden im Küstenbereich erfordert verschleißfeste Beschichtungen.

Unverankerte, im Boden voll eingespannte Spundwände sind nur wirtschaftlich bei einem kleinen Geländesprung oder wenn eine Verankerung sehr aufwendig ist.

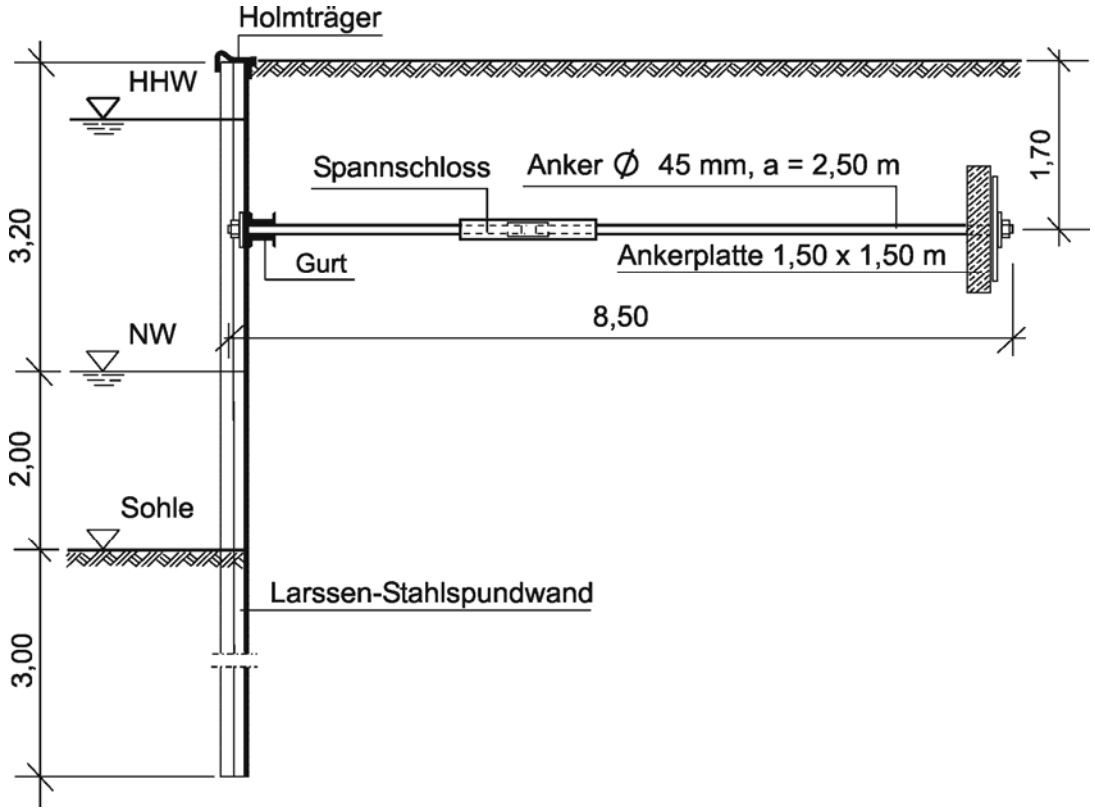
In der Regel werden Spundwände ein- oder mehrfach verankert. Als Verankerung kommen zum Einsatz

- Rundstahlanker oder Stahlkabelanker
- Verpressanker
- geneigte Ankerpfähle

- Verpresspfähle.

Der Gurt für die Verankerung wird auf die Innenseite der Spundwand gelegt. Er besteht in der Regel aus zwei U-Profilen oder aus einem Stahlbetongurtbalken.

Der obere Abschluss ist der Holm. Er dient zur Abdeckung der Spundwand. Die Regelausbildung ist ein an die Spundwand angeschweißter gewalzter oder gepresster Stahlholm mit Wulst. Dient der Holm nicht nur zur Abdeckung der Spundwand, sondern gleichzeitig zur Übernahme von waagerechten und lotrechten Belastungen, wird er als Stahlbetonholm hergestellt (Bild 15-32).



15-32 Stahlspundwand mit Rückverankerung

15.2.2 Fangedämme

Fangedämme sind eine wirtschaftliche Bauweise bei großen Wassertiefen, wenn eine Aussteifung oder Verankerung nicht möglich oder mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nicht ausführbar ist. Sie werden als Ufereinfassung, Baugrubenumschließung und als bauzeitliche Abdämmung zur Wasserhaltung verwendet.

Man unterscheidet Zellenfangedämme und Kastenfangedämme.

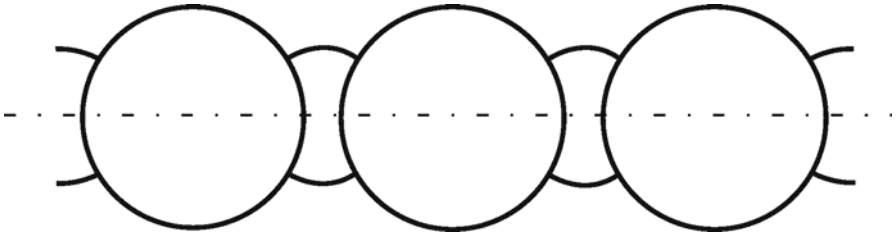
Zellenfangedämme bestehen aus aneinander gereihten Zellen, mit einem kreisförmigen Grundriss heißen sie Kreiszellenfangedämme (Bild 15-33), mit einem abgeflachten Grundriss Flachzellenfangedämme (Bild 15-34).

Zellenfangedämme werden aus Flachprofilen hergestellt. Sie können durch eine geeignete Zellenfüllung ohne Gurt und Verankerung standsicher ausgeführt werden.

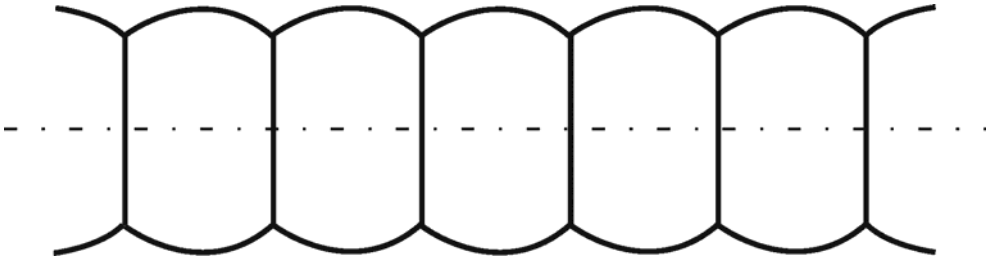
Der Vorteil der Kreiszellen ist, dass jede Zelle für sich aufgestellt und verfüllt werden kann und allein standsicher ist. Die Kreiszellen werden durch schmale, bogenförmige Zwickelwände verbunden.

Die Flachzellen haben gerade Seitenwände, die kontinuierlich aneinander gereiht werden. Aufgrund fehlender Stabilität muss das Verfüllen stufenweise erfolgen.

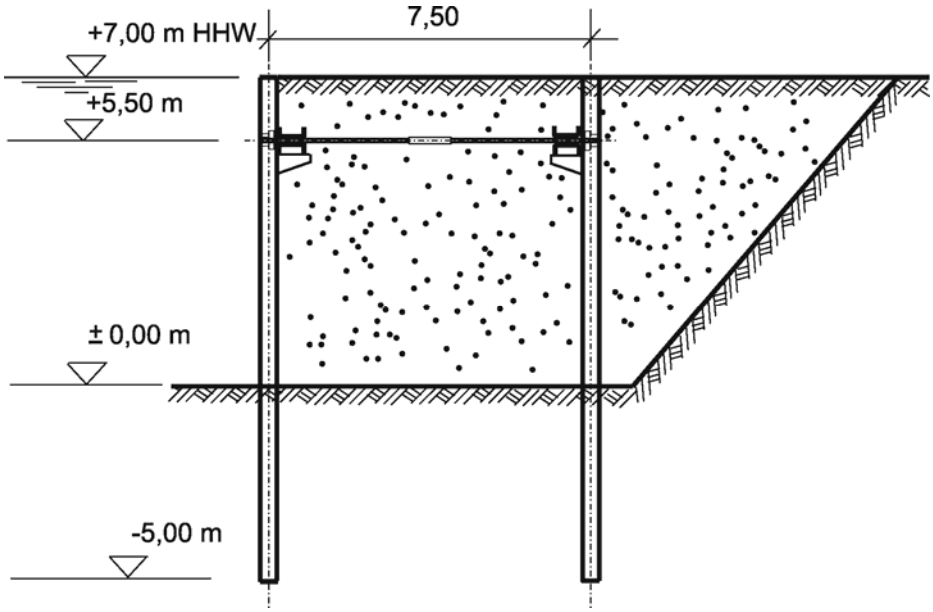
Flachzellen werden angewendet, wenn bei großen Kreisdurchmessern die zulässige Beanspruchung der Flachprofile überschritten würde.
Zellenfangedämme dürfen nur auf tragfähigem Baugrund errichtet werden. Für die Zellenfüllung ist ein Material mit großer Dichte zu verwenden.
Kastenfangedämme (Bild 15-35) bestehen aus zwei gegenseitig verankerten parallelen Spundwänden, die in den Untergrund eingebracht werden. Außer der obigen Verankerung können auch weitere Ankerlagen vorgesehen werden.
Für die Zellenfüllung ist ebenfalls ein Material mit großer Dichte zu verwenden.



15-33 Schema (Draufsicht) eines Kreiszellenfangedammes



15-34 Schema (Draufsicht) eines Flachzellenfangedammes



15-35 Querschnitt eines Kastenfangedammes

15.2.3 Pfahlwände

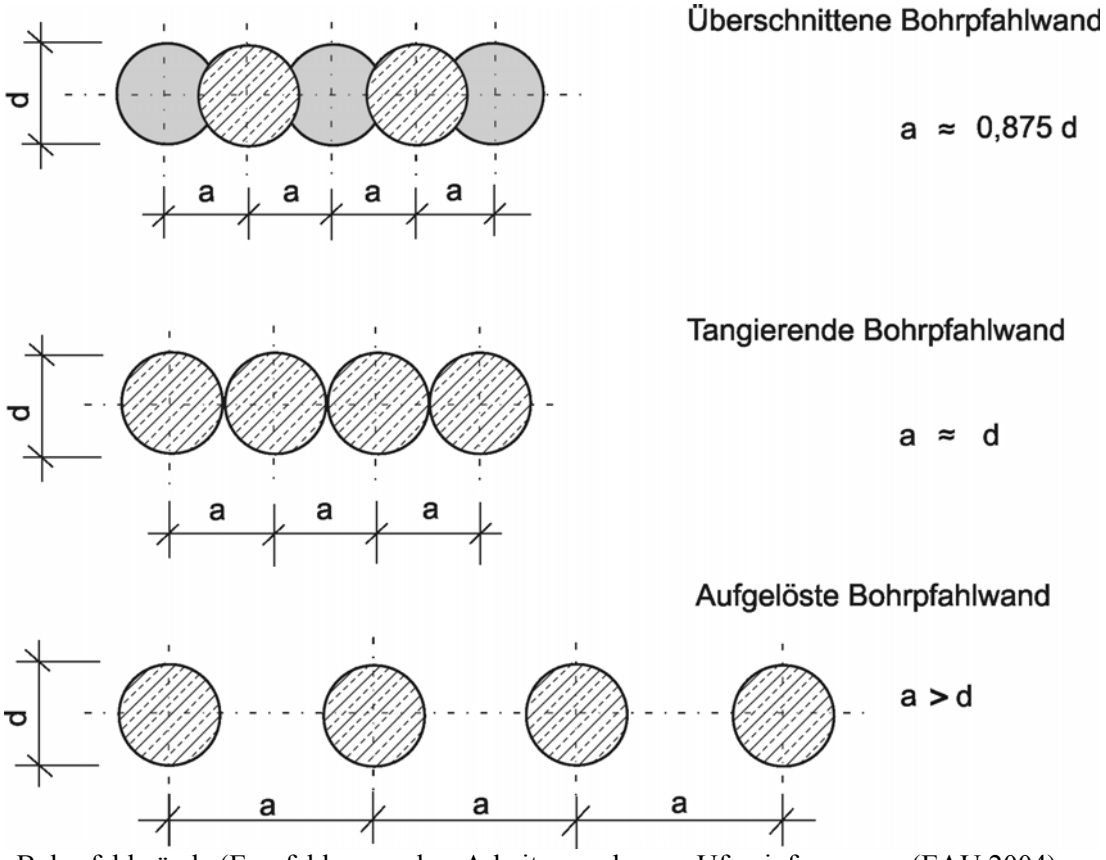
Bohrpfahlwände

Bohrpfahlwände (Bild 15-36) sind aneinander gereihte Bohrpfähle aus Beton, die im Grundriss gerade oder gekrümmt hergestellt werden können. Ihre Bauausführung erfolgt weitgehend erschütterungsfrei. Je nach Pfahlabstand werden folgende Bohrpfahlwände unterschieden:

- Überschnittene Bohrpfahlwände
- Tangierende Bohrpfahlwände
- Aufgelöste Bohrpfahlwände.

Bei der überschnittenen Bohrpfahlwand ist der Achsabstand der Bohrpfähle kleiner als ihr Pfahldurchmesser. Nachdem die Primärpfähle aus unbewehrtem Beton eingebracht worden sind, werden diese beim Herstellen der zwischen ihnen liegenden bewehrten Sekundärpfähle angeschnitten.

Bei der tangierenden Bohrpfahlwand stehen die bewehrten Pfähle unmittelbar nebeneinander. Aus arbeitstechnischen Gründen ist der Achsabstand der Pfähle 5 cm größer als der Pfahldurchmesser. Die Wand ist nicht wasserdicht. Ein statisches Zusammenwirken der Pfähle wird nicht erreicht.



15-36 Bohrpfahlwände (Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU 2004)

Bei der aufgelösten Bohrpfahlwand besteht zwischen den Pfählen ein größerer Abstand, der durch Verbau aus Holz, Spritzbeton oder Stahlplatten geschlossen wird.

Bohrpfahlwände werden vom gewachsenen Boden im Greifer-, Drehbohr-, Saug- oder Lufthebeverfahren hergestellt. Eine Rückverankerung wie bei Stahlspundwänden üblich ist ebenfalls möglich.

Hölzerne Pfahlwände/Pfahlreihen

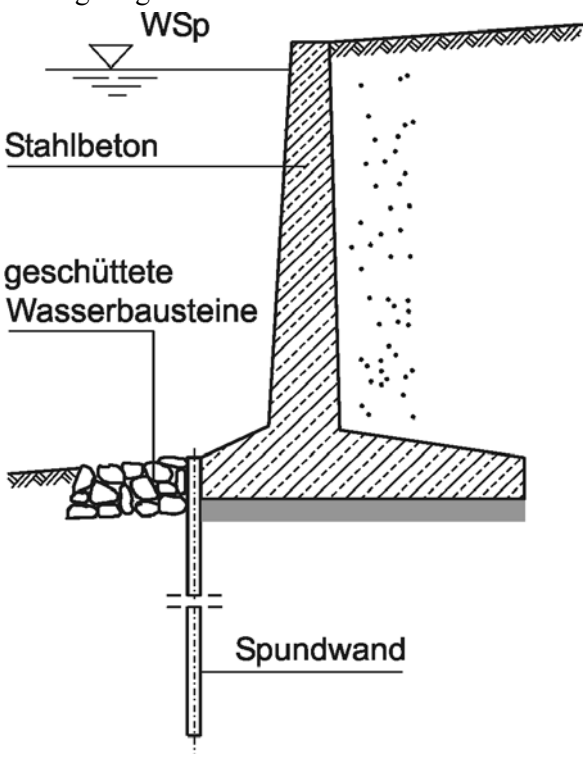
Pfahlwände bzw. Pfahlreihen werden als Ufereinfassung an kleineren Wasserstraßen verwendet. Dazu werden etwa 5 m lange Pfähle aus Kiefernholz so tief gerammt, dass die Pfahlköpfe 20 cm unterhalb der Wasseroberfläche enden. Auf diese Weise wird erreicht, dass die Vegetation in der Wasserwechselzone durch die Pfahlreihe kaum gestört wird. Um ein Ausfließen des Bodens durch die Pfahlreihe zu verhindern, ist auf der Rückseite der Pfähle eine Filtermatte angebracht.

15.2.4 Winkelstützmauern

Winkelstützmauern (Bild 15-37) sind Ufermauern, bei denen das Gewicht des Erdreichs zur Erreichung der Standsicherheit herangezogen wird. Sie bestehen aus der Wand und der Grundplatte, die biegesteif miteinander verbunden sind.

Der Winkel aus Wand und Grundplatte wirkt wie ein Kragträger. Die tragende Bewehrung befindet sich somit an der Erdseite.

Im Vergleich zu einer Schwergewichtsmauer ist die Winkelstützmauer ein schlankes Bauwerk. Es hat nur einen geringen Platzbedarf und ist als sehr wirtschaftlich zu bezeichnen.



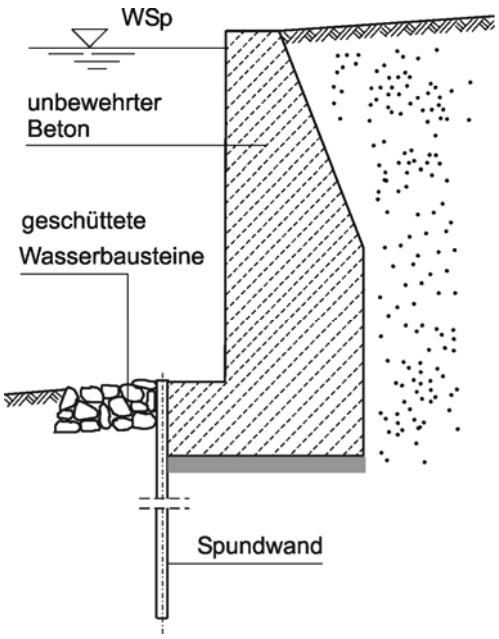
15-37 Winkelstützmauer

15.2.5 Gegliederte Ufermauern

Bei gegliederten Ufermauern wird ein Teil des Erddruckes auf Pfeiler oder Senkkästen übertragen. Die Zwischenräume werden dabei durch Spundwände geschlossen. Diese Bauweise wird vor allem bei sehr hohen Ufermauern angewendet.

15.2.6 Schwergewichtsmauern

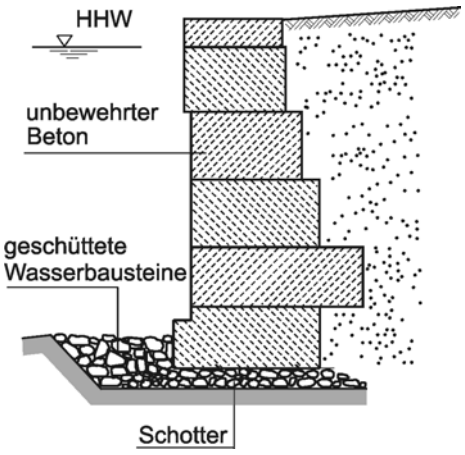
Schwergewichtsmauern (Bild 15-38) kommen bei Schleusen, Molen und z. B. Brückenwiderlagern zum Einsatz. Aufgrund ihres großen Baustoffbedarfs werden sie meist nur für kleine Höhen verwendet.



15-38 Schwergewichtsmauer

15.2.7 Ufermauern in Blockbauweise

Die aus einzelnen Blöcken bestehenden Baukörper (Bild 15-39) eignen sich insbesondere für den Bau von Molen und Kaimauern. Die im Allgemeinen aus Beton hergestellten Blöcke werden mit geeigneten Hebezeugen aufeinander gestapelt. Die Abmessungen und das Gewicht der einzelnen Blöcke werden bestimmt von den Anforderungen an das Bauwerk sowie von den zur Verfügung stehenden Baustoffen, den Herstellungs- und Transportmöglichkeiten sowie der Hebekapazität.
Voraussetzung für die Blockbauweise ist ein tragfähiger Baugrund, ggf. ist eine Bodenverbesserung durch Verdichten oder Bodenaustausch durchzuführen.



15-39 Ufermauer in Blockbauweise

15.2.8 Gabionen

Gabionen sind Drahtnetzkörbe, die mit Schüttsteinen oder Schotter gefüllt sind. Die Körbe werden nach dem Prinzip der Schwergewichtsmauern verwendet. Dabei haben die Körbe die Aufgabe, die Steine zusammenzuhalten. Das Drahtnetz sollte aus verzinktem oder rostfreiem Stahl bestehen.

Gabionen benötigen kein besonderes Fundament, ihre Herstellung ist einfach bei geringen Materialkosten.
Bei höheren Gabionenwänden sollten Körbe als Binder eingebaut werden. Eine Begrünung der Gabionen ist möglich.

15.2.9 Schlitzwände

Schlitzwände sind Ortbetonwände, die mit Hilfe des Aufschlitzens des Bodens hergestellt werden. Mit einem Spezialgreifer werden dabei abschnittweise Schlitze im Boden ausgehoben, in die fortlaufend eine Stützflüssigkeit eingegeben wird. Nach Einbau der Bewehrung wird Beton im Kontraktorverfahren eingebracht, gleichzeitig wird die Stützflüssigkeit wieder abgepumpt.
Schlitzwände werden in Breiten von 0,60 m bis ca. 1,50 m hergestellt. Als Stützflüssigkeit dient eine Ton- oder Bentonitsuspension.

15.2.10 Pfahlrostbauwerke

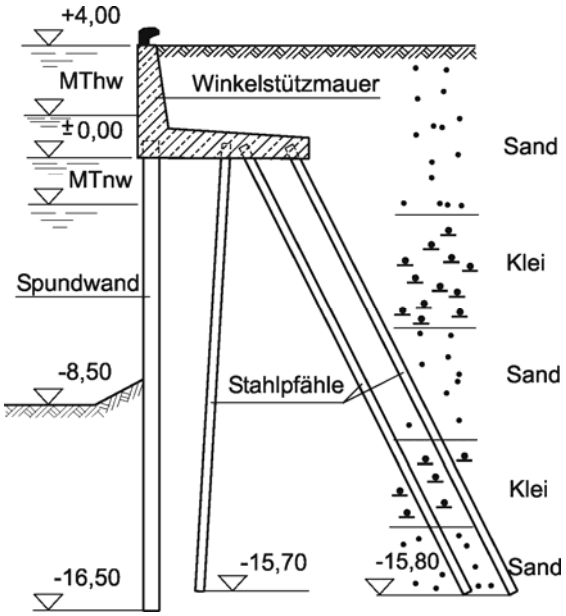
Pfahlrostbauwerke (Bild 15-40) werden bei tief liegendem Baugrund zur Gründung von u. a. Ufereinfassungen angewandt. Bei Ufereinfassungen besteht der Pfahlrost aus:

- den Pfählen
- der Spundwand
- der Pfahlrostplatte: Schwergewichtsmauer oder Winkelstützmauer
- dem Aufbau über der Pfahlrostplatte.

Bei der Tragfähigkeit der Pfähle wird unterschieden zwischen

- der Mantelreibung
- dem Spitzendruck.

Die Neigung der Pfähle in verschiedene Richtungen verhindert mögliche Biegespannungen. Zur Aufnahme des Erddrucks ist eine Spundwand erforderlich, die bei neueren Bauwerken vorn liegt, bei älteren dagegen war sie hinten angeordnet.



15-40 Pfahlrostbauwerk

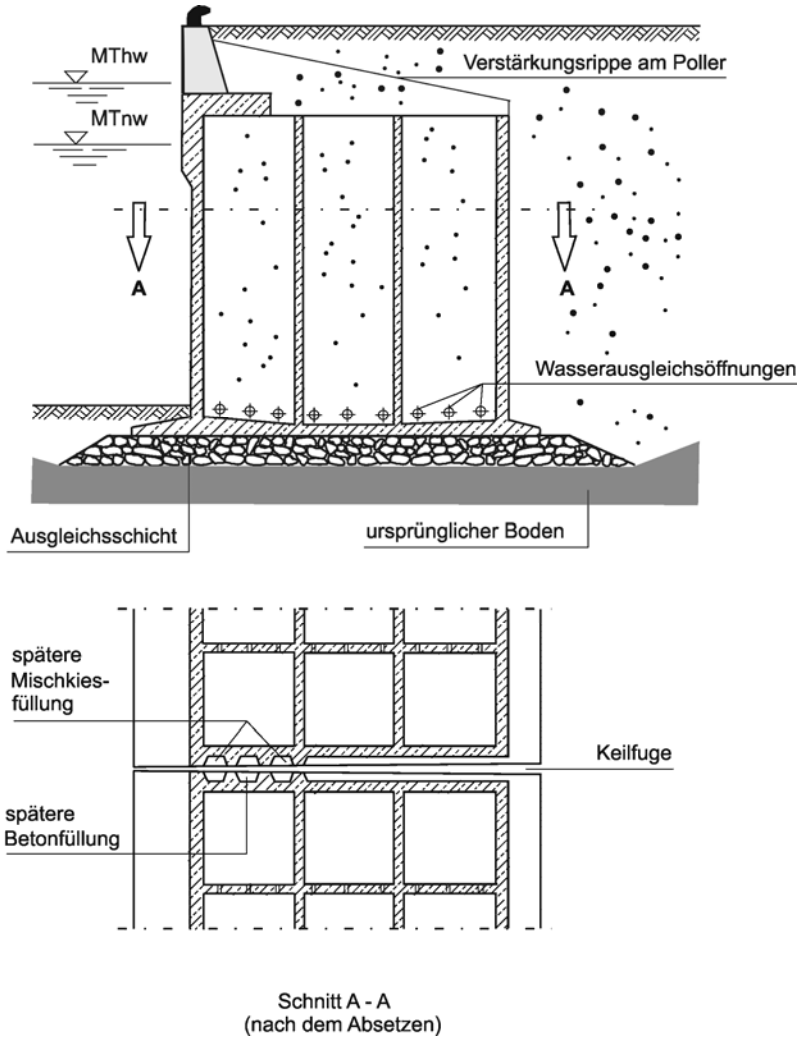
15.2.11 Senkkästen und Schwimmkästen

Senkkästen und Schwimmkästen (Bild 15-41) werden als Ufereinfassung schwer belasteter hoher Ufer verwendet. Sie bestehen aus aneinander gereihten Stahlbetonzellen und werden als oben offene oder als Druckluft-Senkkästen (Caissons) und als Schwimmkästen hergestellt.

Senkkästen werden von dem Planum aus abgesenkt, von dem sie vorher hergestellt worden sind.

Schwimmkästen werden nach ihrer Herstellung zur Einbaustelle eingeschwommen und auf tragfähigem Grund abgesetzt. Bei wenig tragfähigen Bodenschichten sind diese vorher auszubaggern und durch Sand und Kies zu ersetzen.

Die Zellen werden abschließend mit Sand oder Steinen verfüllt.



15-41 Ufermauer aus Schwimmkästen (EAU 2004)

15.3 Uferwege und Ufertreppen

Uferwege und Ufertreppen an Bundeswasserstraßen dienen der

- Unterhaltung der Wasserstraße
- Verkehrssicherung
- Bauwerksinspektion
- Wasserstraßenüberwachung.

Uferwege sind somit Betriebswege der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung. Das schließt nicht aus, dass Betriebswege im Rahmen einer Gestattung von Kommunen als Fußwege genutzt oder in das öffentliche Radwegenetz integriert werden.
Uferwege werden so gestaltet, dass auch größere Fahrzeuge die Wege befahren können. Die Breite innerhalb der Randsteineinfassung beträgt 3,00 m bei einer Querneigung von 2 %. Der Oberbau erfolgt als Bauklasse IV nach RStO (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen).
Ufertreppen in Böschungen werden rechtwinklig zum Böschungsverlauf angelegt. Ihre Neigung entspricht in der Regel der der Böschung. Ihr Abstand beträgt etwa 100 m. Ufertreppen haben eine Breite von 1,00 m. Sie werden entweder aus Ortbeton hergestellt oder sie bestehen aus Blockstufen.

16 Bauwerke*

16.1 Dämme und Deiche

Dämme gliedern sich in ständig, wechselnd und kurzzeitig wasserbelastete Dämme.

Begriffe

Ständig wasserbelastete Dämme

Dämme bei Kanälen

- Kanalseitendämme
  Erdbauwerke als seitliche Begrenzung eines Schifffahrtskanals oder Schleusenkanals
- Kanaldämme
  Erdbauwerke als Träger eines Schifffahrtskanals oder Schleusenkanals, dessen Sohle ganz oder teilweise höher als das Gelände liegt

Dämme bei Flüssen

- Absperrdämme
  Erdbauwerke, durch die
  - im Zusammenwirken mit einem Wehr ein Stau erzeugt und eine Stauhaltung abgeschlossen wird
  - ein Nebenarm abgesperrt und so zu einem Altarm wird
- Flusseitendämme
  Erdbauwerke als seitliche Begrenzung eines staugeregelten Flusses
- Rückstaudämme
  Erdbauwerke in Mündungsstrecken von Nebenwasserläufen eines staugeregelten Flussabschnittes, die bei dem Nebenwasserlauf Überschwemmungen durch Rückstau aus dem Hauptwasserlauf verhindern.

Wechselnd wasserbelastete Dämme

- Staudämme
  Erdbauwerke, durch die ein Stau erzeugt und ein Speicher abgeschlossen wird
- Flügeldämme
  Erdbauwerke, die ein Bauwerk zur Erzeugung eines Staus seitlich fortsetzen und einen Speicher mit abschließen
- Ringdämme
  Erdbauwerke, die einen Speicher rings umschließen.

---

* Bauwerke der Flussregelung, des Talsperren- und Beckenbaues und des Insel- und Küstenschutzes werden in den entsprechenden Kapiteln behandelt.

Kurzzeitig wasserbelastete Dämme (Deiche)

Kurzzeitig wasserbelastete Dämme heißen Deiche. Sie dienen dem Hochwasserschutz.

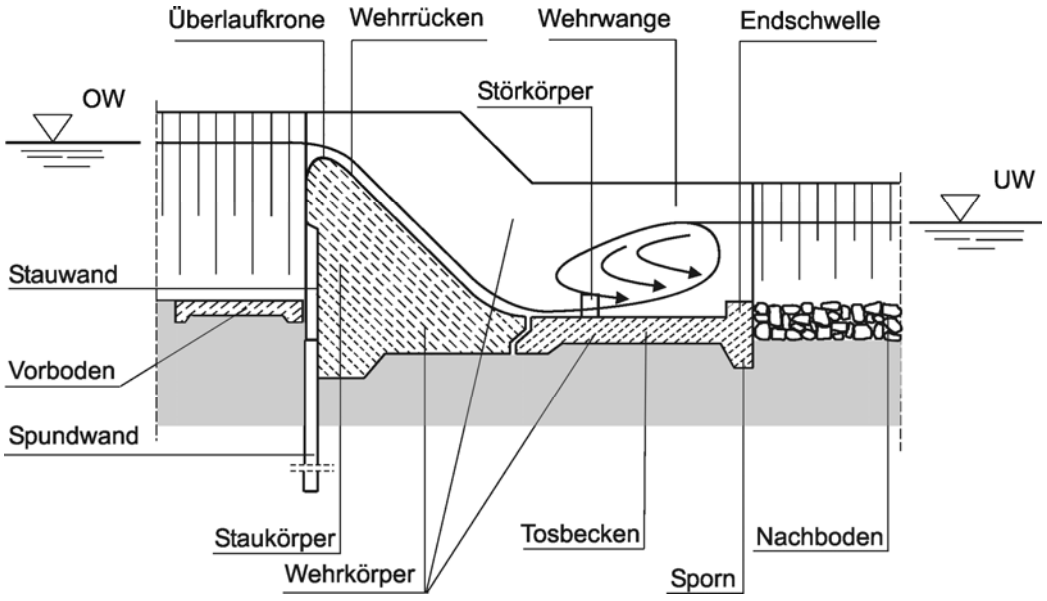
- Flussdeiche
  Deiche an einem Fluss, die gegen Hochwasser und im Tidegebiet auch gegen Sturmfluten schützen
- Volldeiche
  Flussdeiche, die dem Schutz gegen höchstes Hochwasser dienen
- Überlaufdeiche
  Flussdeiche, die nicht gegen höchstes Hochwasser schützen
  Rückstaudeiche
- Flussdeiche, die im Anschluss an einen Deich des Hauptflusses bei einem Nebenfluss Überschwemmungen durch Rückstau aus dem Hauptfluss verhindern.
- Seedeiche
  Äußerste Deiche an der Küste (des Festlandes und der Inseln im Meer) oder an Flussmündungen, die dem Schutz gegen höchstes Hochwasser dienen.

16.2 Wehre

Wehre sind Absperrbauwerke zur Hebung des Wasserspiegels. Unterschieden werden feste und bewegliche Wehre.

16.2.1 Feste Wehre

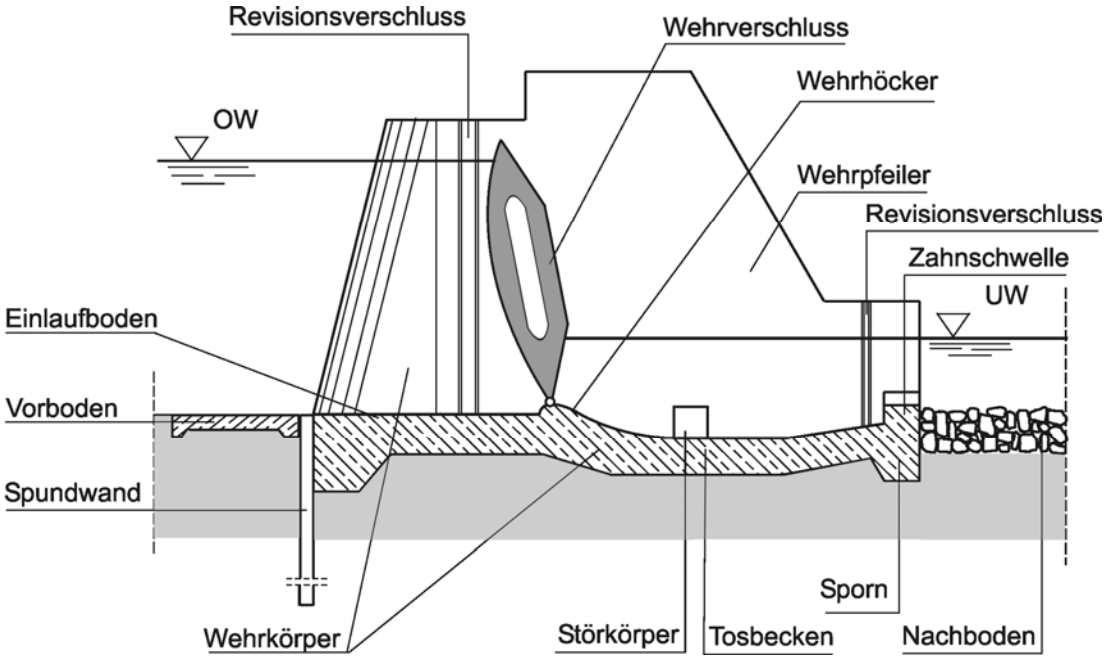
Die festen Wehre (Bild 16-1) sind im Hinblick auf die Bau- und Unterhaltungskosten erheblich billiger als bewegliche Wehre. Bei festen Wehren ist es jedoch nicht möglich, den Stauspiegel zu regulieren. Darüber hinaus können feste Wehre bei Hochwassergefahr nicht herausgezogen oder abgesenkt werden. Um Hochwasser besser abführen zu können, wird ein Teil des festen Wehres oft als bewegliches Wehr erstellt. Dieses heißt „Freiarche“ und dient auch als Grundablass.



16-1 Bestandteile des festen Wehres

16.2.2 Bewegliche Wehre

Bewegliche Wehre (Bild 16-2) ermöglichen, die Wehröffnung zu verschließen oder ganz oder teilweise freizugeben. Dadurch können der Oberwasserstand und die Abflussmenge reguliert werden. Außerdem werden die Abführung von Eis, Geschwemmsel oder Hochwasser erleichtert.



16-2 Bestandteile des beweglichen Wehres

Die Wahl des Wehrverschlusses (Bild 16-3) bei der Planung eines Wehres ist abhängig von

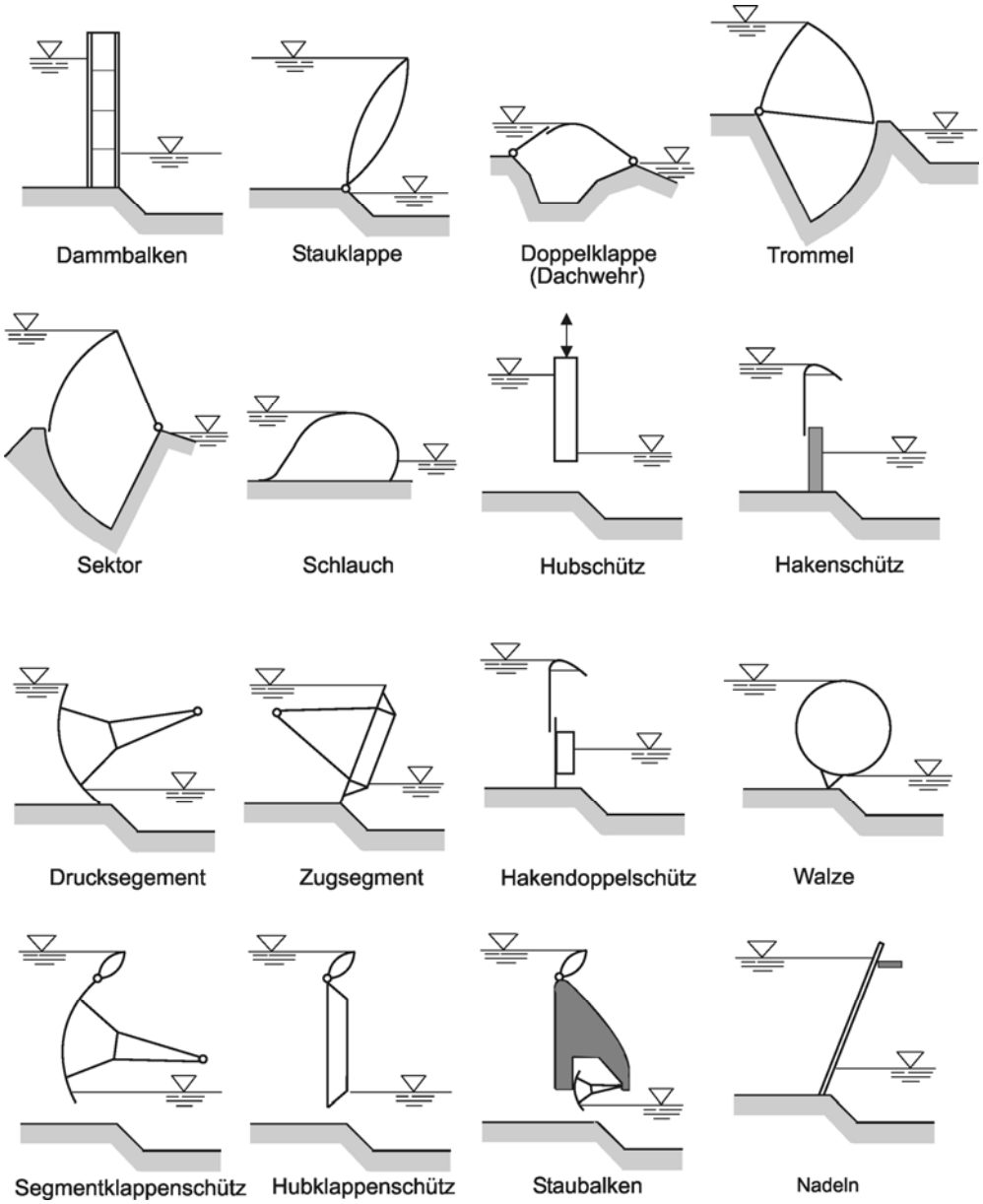
- der Stauhöhe, der Abflussmenge, den Eis- und Geschiebeverhältnissen, der Öffnungsweite, den Gründungsmöglichkeiten, dem Landschaftsschutz
- der schnellen und möglichst leichten Bewegbarkeit mit geringem Kraft- und Bedienungsaufwand
- der Wirksamkeit in jeder Staustellung
- der Feinregulierung des Wasserabflusses
- der guten Einfügung ins Landschaftsbild.

Eine Unterteilung der Wehrverschlüsse kann erfolgen nach

- der Form der beweglichen Teile (stabförmig, plattenförmig oder walzenförmig)
- der Art der Bewegung (schiebende oder drehende Bewegung)
- der Art des Abflusses (überströmbar, unterströmbar, über- und unterströmbar oder durchströmbar).

Für die nachfolgende Unterteilung wurde die Art des Abflusses gewählt.

Überströmbare Verschlüsse können zur Abfuhr von Geschwemmsel und Eis und zur Feinregulierung des Wasserstandes herangezogen werden. Sie ermöglichen auch einen verbesserten Sauerstoffeintrag. Unterströmbare Verschlüsse ermöglichen die Ableitung von Geschiebe. Ein durchströmbarer Verschluss ist das Nadelwehr. Es ermöglicht die Abflussregelung durch Setzen oder Entfernen der Nadeln. Kombinationen der unterschiedlichen Verschlüsse ermöglichen größere Stauhöhen und ggf. die entsprechenden o. g. Aufgaben.



16-3 Funktionsweisen von Wehrverschlüssen

Überströmbare Verschlüsse:

- Dammbalken
- Stauklappe
  - Fischbauchklappe
  - Doppelklappe (Dachwehr)
  - Trommelwehr
- Sektor
- Schlauch

Unterströmbare Verschlüsse:

- Hubschütz
  - Gleitschütz
  - Rollenschütz
  - Doppelschütz
  - Hakenschütz

- Drucksegment
- Zugsegment

Über- und unterströmbare Verschlüsse

- Hakendoppelschütz
- Walze
- Kombinierter Verschluss
  - Hubklappenschütz
  - Segmentklappenschütz
- Staubalkenwehr

Durchströmbarer Verschluss

- Nadelwehr

Ausführungsarten der beweglichen Wehre

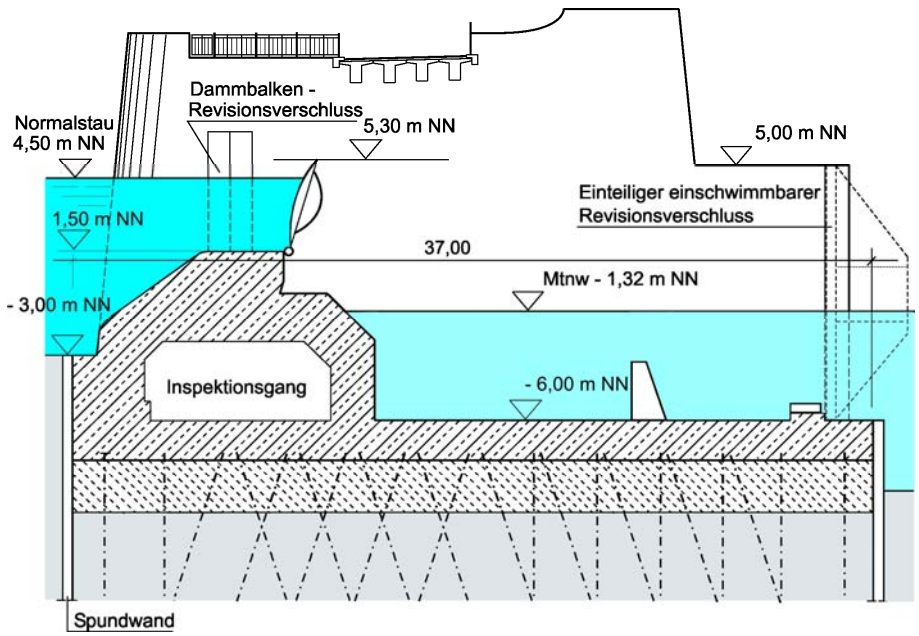
Dammbalkenwehr

Zusammensetzung aus Balken, die in senkrechten oder geneigten Nuten übereinander verlegt werden. Bis 8 m Spannweite aus Eichenholz, darüber Profilträger oder stählerne Fachwerkbalken.
Verwendung heute nur noch als Revisionsverschluss.

Klappenwehr

Fischbauchklappe (Bild 16-4)

Wehrverschluss, der um eine in der Stauwand liegende feste Achse, die auf der Wehrschwelle gelagert ist, drehbar ist. Der Antrieb erfolgt teils mechanisch, teils durch den auf den Verschluss wirkenden Wasserdruck. Die Stauhöhe ist beschränkt durch eine wirtschaftliche Antriebsleistung, da die Klappen gegen den Wasserdruck aufgerichtet werden müssen. Aufgrund kontinuierlicher Lagerung sind große Längen möglich (Höhe bis 6 m, Länge bis ca. 80 m).
Verwendung als Stauklappe oder in Verbindung mit anderen Wehren und Wehrverschlüssen als Eis- oder Regelklappe.



16-4 Klappenwehr in Bremen/Weser (Inbetriebnahme 1993)

Doppelklappe (Dachwehr)

Die oberstromige Hauptklappe (der eigentliche Wehrverschluss) stützt sich mit Rollen auf die unterstromige Gegenklappe. Der Antrieb erfolgt hydraulisch. Das Aufrichten und Legen der Klappen bewirkt die Lage des Wasserspiegels in der von den Klappen überdachten Druckkammer, die durch Leitungen mit dem Oberwasser und dem Unterwasser verbunden werden kann.

Anwendung für Stauhöhen bis 6 m, wobei große Längen (ca. 50 m) möglich sind, da kontinuierliche Lagerung.

Trommelwehr

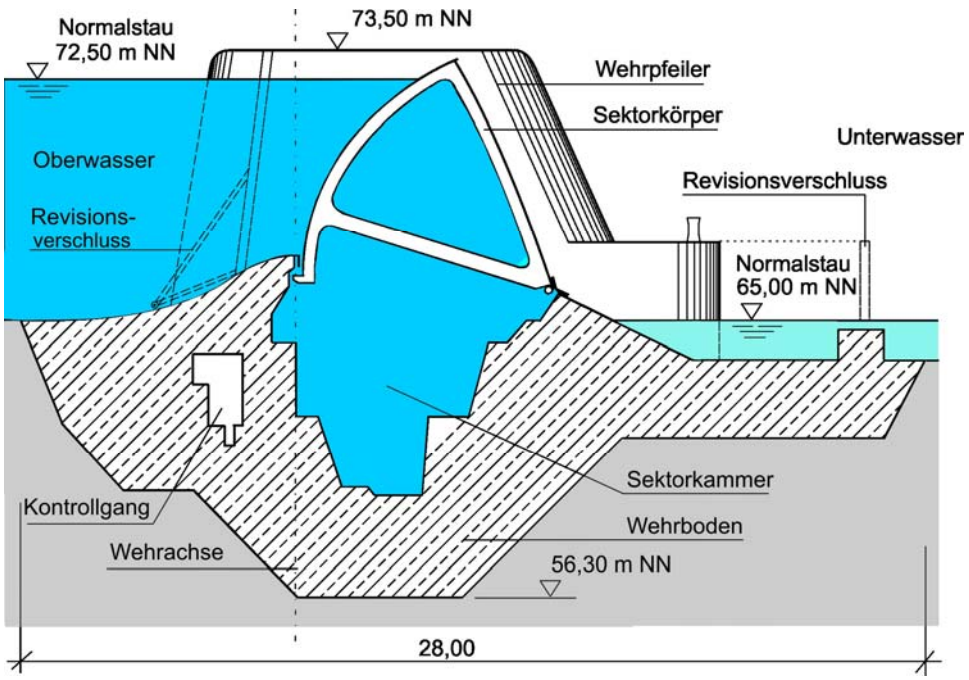
Das Oberteil einer zweiflügeligen Klappe, die sich um eine waagerechte Achse dreht, bildet die Stauwand. Das Unterteil, das in einer Aussparung des Unterbaus, der Trommel, liegt, dient zum Aufrichten und Niederlegen. Die Steuerung erfolgt automatisch durch den Druck des Oberwassers.

Anwendung für mittlere Stauhöhen und sehr große Weiten (Höhe bis 13 m, Länge bis 50 m).

Sektorwehr (Bild 16-5)

Das Sektorwehr hat einen dachförmigen Querschnitt mit Stauwand und Überfallwand, es ist nach unten offen. Der Sektor wird hydraulisch betrieben, indem er sich durch den von innen wirkenden Wasserdruck hebt und senkt. Jede Lage des Sektors entspricht einem bestimmten Wasserdruck in der Kammer, die durch Leitungen in den Widerlagern mit dem Oberwasser und dem Unterwasser in Verbindung steht. Der Sektorverschluss kann völlig in den festen Wehrkörper versenkt werden.

Anwendung für breite Wehröffnungen bei mittleren Stauhöhen (Höhe bis 8 m, Länge bis 50 m). Es sind keine besonderen Antriebsorgane nötig, aber die Gründung ist sehr aufwendig.



16-5 Sektorwehr Lehmen/Mosel (Inbetriebnahme 1965)

Schlauchwehr

Nach Versuchen in der Vergangenheit durch die BAW (u. a. an der Staustufe Hollerich/Lahn) wurde erstmalig ein Schlauchwehr in Marklendorf an der Aller eingesetzt. Die Inbetriebnahme erfolgte im Jahre 2006. Das Schlauchwehr besteht aus einer Gummi-Gewebemembrane, die so mit der Wehrsohle verschraubt ist, dass ein dichter Innenraum entsteht. Das Wehr in Marklendorf ist ein zweifeldriges Wehr mit

wassergefüllten Schlauchverschlüssen. Die Kronenbreite der Wehrfelder beträgt 23,60 m, die Höhe des Schlauches 2,32 m.
Der Antrieb erfolgt wasserhydraulisch: Als Steuermedium wird das Oberwasser genutzt, das über eine Zulaufleitung den Schlauchverschluss füllt.
Vorteile des Schlauchwehres sind: keine beweglichen Teile, keine Korrosionsprobleme, geringer Wartungs- und Unterhaltungsaufwand.
Bei Eisdruck gibt der Verschluss nach, indem durch teilweises Abfließen des Füllwassers der Schlauchverschluss entlastet wird.

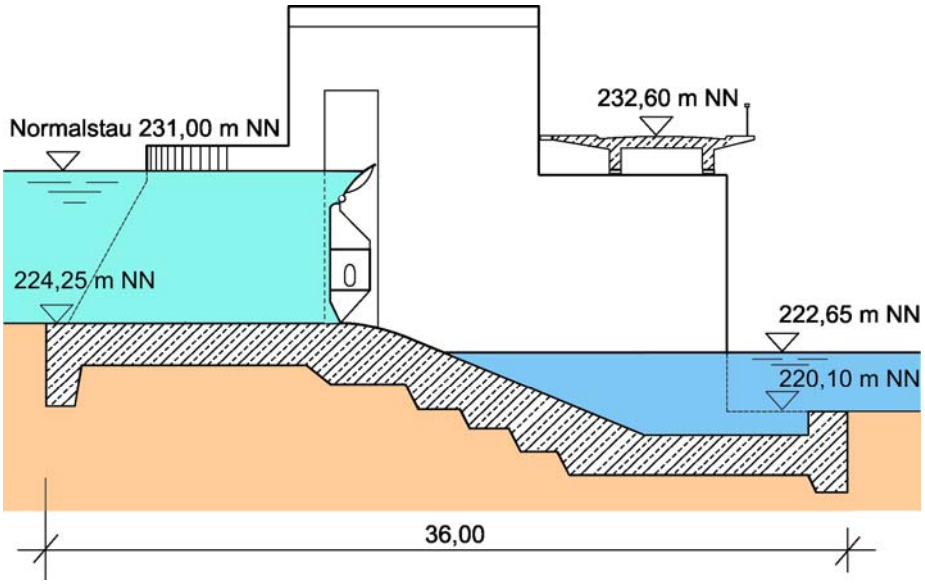
Schützenwehr
Bestandteile sind plattenförmige, ebene Stahlteile, die in lotrechter Richtung in Nuten bewegt werden und in abgesetztem Zustand auf einem Balken aufsetzen. Ausführungsarten sind Gleitschütz, Rollenschütz, Doppelschütz und Hakenschütz.
Vorteile der Schütze sind Unempfindlichkeit gegen Stöße und Eis aufgrund der robusten Ausbildung, Zugänglichkeit aller beweglichen Teile, da bei gezogenem Schütz keine beweglichen Teile im Wasser liegen, leichte Stauregelung bei Doppelschützen oder Schützen mit Aufsatzklappen sowie große Dichtigkeit.
Nachteile der Schütze sind erheblicher Materialaufwand, eine Vielzahl von beweglichen Teilen sowie ein zweiseitiger Antrieb.

Gleitschütz
Die Schütztafeln bewegen sich in Tornischen. Der Antrieb erfolgt über druckfeste Antriebsorgane wie Zahnstangen, Triebstöcke oder Spindeln.
Anwendung bei Höhen bis 15 m und Längen bis 10 m. Ein einfacher Verschluss, der keine besonderen Dichtungen, aber hohe Antriebskräfte erfordert.

Rollenschütz (Bild 16-6)
Zwischen der Schütztafel und der Tornische befindet sich eine rollende Reibung.
Gegenüber dem Gleitschütz sind größere Nischen, stärkere Pfeiler und besondere Seitendichtungen erforderlich.
Weiterentwicklungen des Rollenschützes sind das Stoneyschütz und das Raupenschütz.
Anwendung bei Höhen bis 15 m und Längen bis 15 m.

Doppelschütz
Bestandteile sind das Oberschütz und das Unterschütz, die unabhängig voneinander gehoben werden können. Dadurch werden die erforderlichen Aufzugskräfte vermindert. Das Oberschütz kann auch in das Unterschütz versenkt werden
Bei wachsendem Abfluss wird zuerst das Oberschütz abgesenkt, dann werden beide Schütze zusammengeschoben und schließlich ganz aus dem Wasser gehoben.
Anwendung für große Höhen.

Hakenschütz
Das Hakenschütz besteht aus dem oberen Längsträger mit Überlaufblech, dem sog. Haken, und den senkrechten Spanten, die sich auf Laufrollen stützen. Es wurde meist als Oberschütz in Kombination mit einem Unterschütz als Hakendoppelschütz ausgebildet.

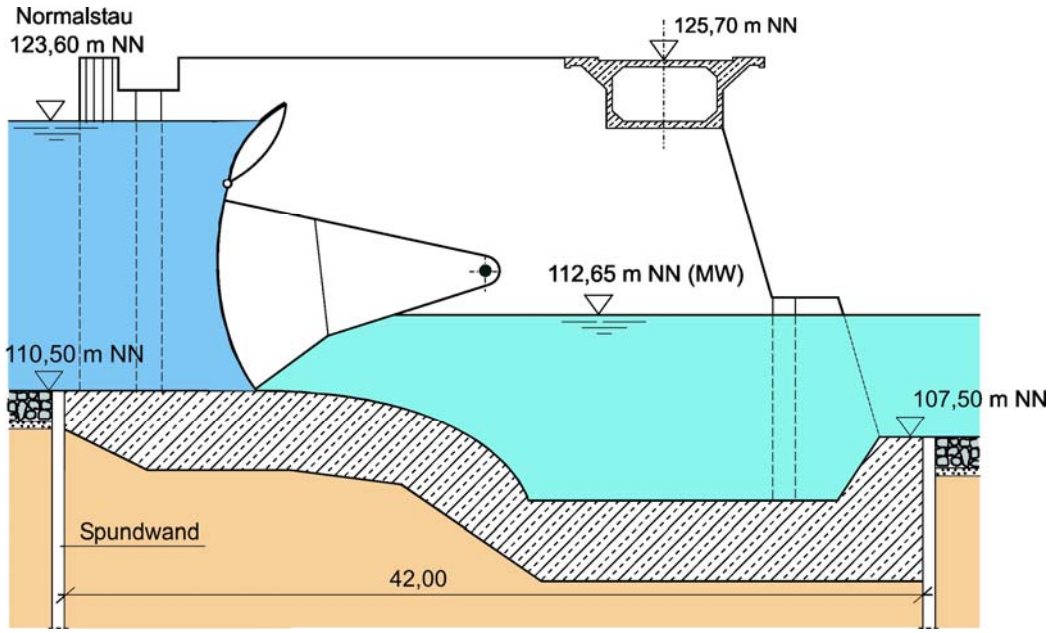


16-6 Wehr mit Rollenschütz und Aufsatzklappe in Obertürkheim/Neckar (Inbetriebnahme 1968)

Segmentwehr (Bild 16-7)

Bestandteile sind die gekrümmte Stauwand mit Dreharmen und Drehgelenken, die sich auf Widerlager an den Pfeilern oder Wangen stützen, gegebenenfalls mit einer Aufsatzklappe. Das gewöhnliche Segmentwehr wird nur unterströmt, die Klappe überströmt. Der Antrieb erfolgt beidseitig. Segmentwehre werden als Drucksegement- oder Zugsegmentwehre ausgeführt.

Anwendung für Öffnungen bis 40 m Breite und 25 m Höhe.



16-7 Drucksegmentwehr mit Aufsatzklappe in Iffezheim/Rhein (Inbetriebnahme 1977)

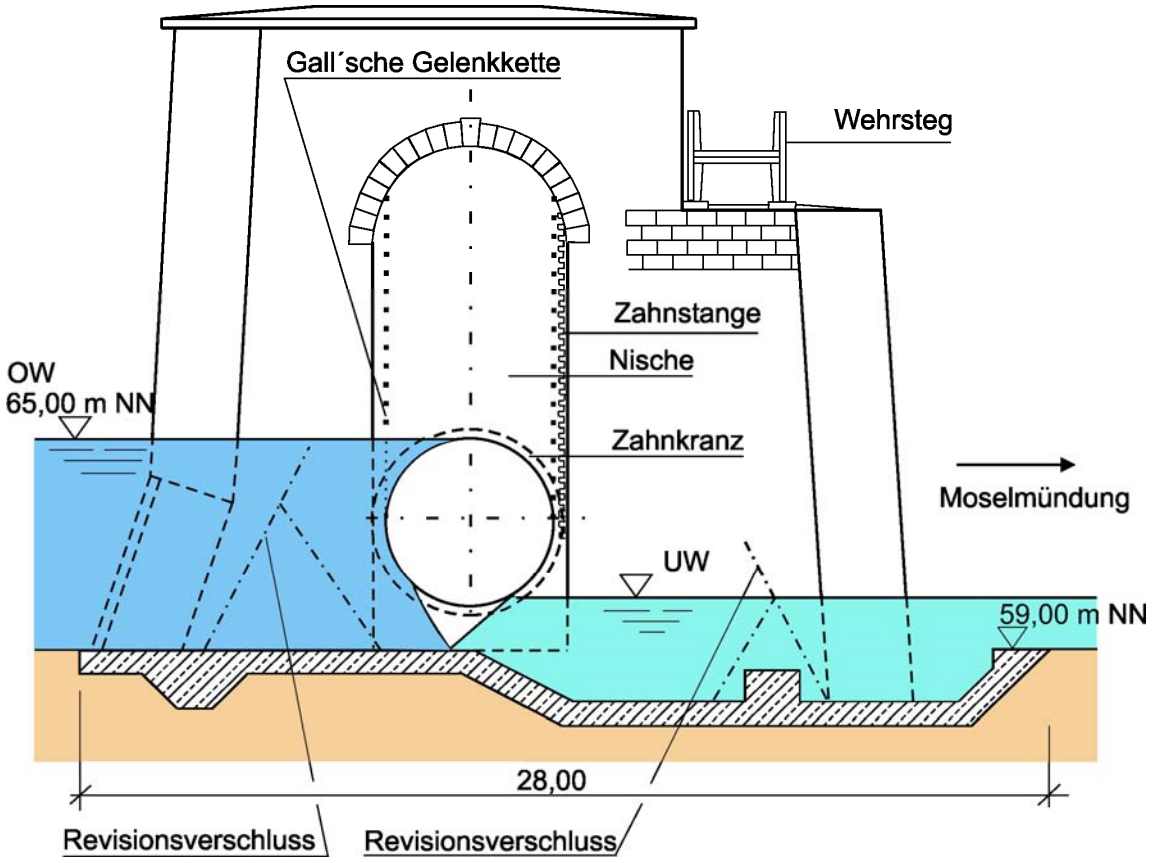
Hakendoppelschütz

Beim Hakendoppelschütz laufen beide Stautafeln in derselben Nische. Die obere Stautafel (Hakenschütz) hat nur einen Riegel und stützt sich mit Rollen gegen das Unterschütz. Für beide Tafeln ist nur ein Windwerk erforderlich.

Walzenwehr (Bild 16-8)

Der Verschluss besteht aus einem kreisrunder Tragzylinder mit großer Torsionssteifigkeit. Ausreichend ist ein Zylinder mit einem Durchmessser kleiner als die Stauhöhe. An der Unterseite wird ein Schnabel angebracht, der auch die Längsdichtung trägt. Der Staukörper wird durch einseitigen Antrieb über Laschenketten (Gall‘sche Kette) aus dem Strom gezogen.

Anwendung für große Weiten von ca. 50 m und Stauhöhen bis etwa 15 m. Das Wehr bietet große Sicherheit bei Eis. Zur Feinregulierung und zur Eisabführung können die Walzen auch mit Klappen ausgebildet werden.



16-8 Walzenwehr der untersten Staustufe der Mosel in Koblenz (Inbetriebnahme 1951)

Segmentklappenschütz

Das Segmentklappenschütz ist ein kombinierter Verschluss, ein Segmentwehr mit Aufsatzklappe. Anwendung bei größeren Stauhöhen, zur besseren Feinregulierung und für ein leichtes Abführen von Eis und Geschwemmsel.

Hubklappenschütz

Das Hubklappenschütz ist ebenfalls ein kombinierter Verschluss, ein Hubschütz mit Aufsatzklappe.

Staubalkenwehr

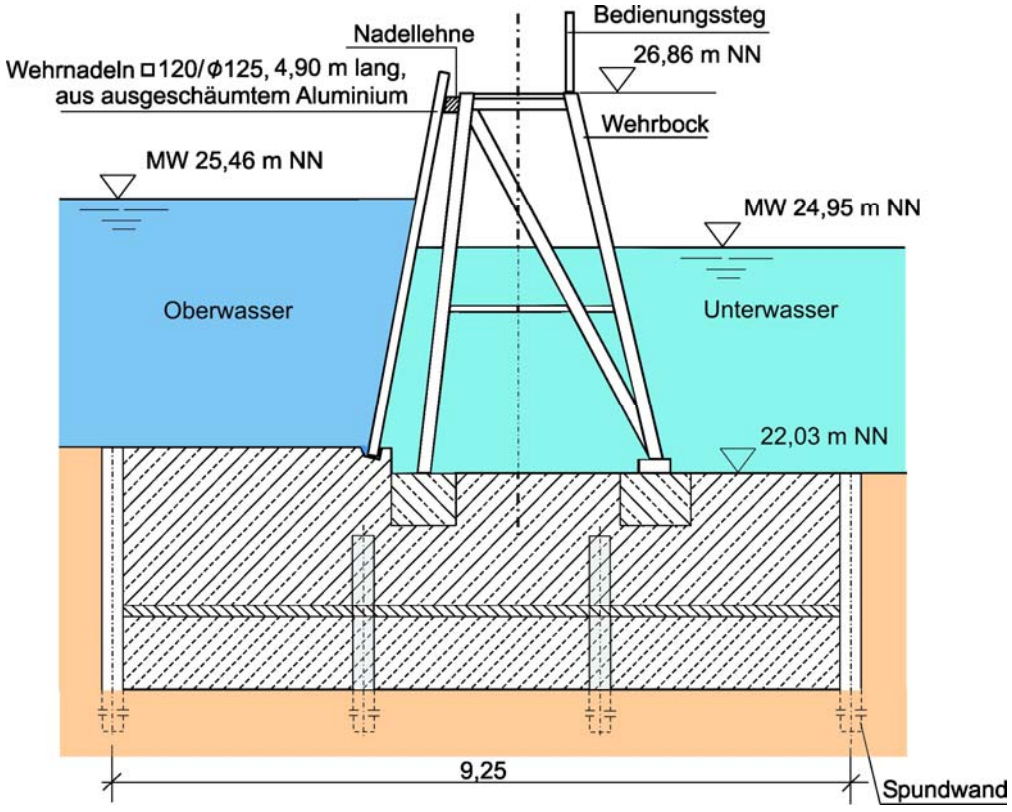
Bestandteile des Staubalkenwehres sind ein fester Staubalken aus Stahlbeton etwa in der Mitte der Stauhöhe. Der obere Verschluss ist als Stauklappe, der untere als Drucksegment ausgebildet.

Anwendung, wenn ein nicht benötigter Durchflussquerschnitt den Einbau des Staubalkens ermöglicht. Vorteile sind ein geringerer Stahlwasserbauanteil und eine gute Geschiebeableitung. Nachteil dieses Wehres ist die erschwerte Wartung des unteren Verschlusses.

Nadelwehr (Bild 16-9)

Bestandteile sind die Nadellehne, bestehend aus Stahlböcken in Abständen von 3 bis 4 m (mit Bedienungsteg), und Nadeln aus Holz, Stahl oder Aluminium. Die Nadeln sind dicht nebeneinander, fast senkrecht stehend an die Nadellehne gestützt. Der untere Anschlag befindet sich auf der Wehrschwelle. Geeignet für Höhen bis 3 m.

Anwendung nur noch an wenigen Wasserstraßen und als Revisionsverschluss.



16-9 Nadelwehr Grütz/Untere Havel-Wasserstraße
(Inbetriebnahme 2003; Ersatz eines Nadelwehres, Baujahr 1910)

16.3 Schleusen

Schleusen dienen der Überwindung von Fallhöhen. Eine Schleuse ist ein Bauwerk, das zwei Wasserflächen von unterschiedlicher Wasserspiegelhöhe durch eine verschließbare Öffnung verbindet. Durch Füllen bzw. Leeren der Schleusenkammer wird der Wasserspiegel in der Kammer dem außerhalb der Kammer angeglichen (Bild 16-10).

Schleusen sind Bauwerke in Kanälen oder Bestandteil einer Staustufe.

Schleusenarten

Einzelschleuse	Eine Schleuse mit nur einer Kammer.
Doppelschleuse	Zwei nebeneinander liegende Kammern, die nicht miteinander verbunden sind (frühere Bezeichnung auch für doppelt breite Kammern)(Bild 16-14).
Schleppzugschleuse	Eine Schleuse für die Aufnahme eines ganzen Schleppzuges.
Schachtschleuse	Ist das Schleusengefälle größer als die lichte Durchfahrtshöhe, dann kann der über dieser Höhe liegende Teil des Unterhauptes durch eine Querwand abgeschlossen werden. Der untere Teil wird durch ein kammerseitig angeordnetes Hubtor verschlossen Bild 16-12).
Kuppelschleuse	Das Unterhaupt der einen Schleuse dient gleichzeitig als Oberhaupt der nächsten Schleuse.
Schleusentreppe	Eine Schleusentreppe besteht aus Schleusen, die in kurzem Abstand hintereinander angeordnet sind.
Zwillingsschleuse	Eine Zwillingsschleuse besteht aus zwei nebeneinanderliegenden Kammern, die durch Rohrleitungen miteinander verbunden sind. Sie kann zur Wasserersparnis genutzt werden, indem eine Kammer auf Oberwasser steht, die andere auf Unterwasser, so dass gleichzeitig mit der einen Kammer zu Berg und der anderen zu Tal geschleust wird. Die Wasserersparnis beträgt dann 50 %. Bei Schleusung durch eine Kammer beträgt die Wasserersparnis nur 33 % (Bild 16-13).
Sparschleuse	Zur Wasserersparnis wird ein Teil des Schleusungswassers in Sparbecken gesammelt, um es bei der nächsten Schleusung wieder zu verwenden (Bild 16-14).

Unterteilung der Schleusen nach der Bauart

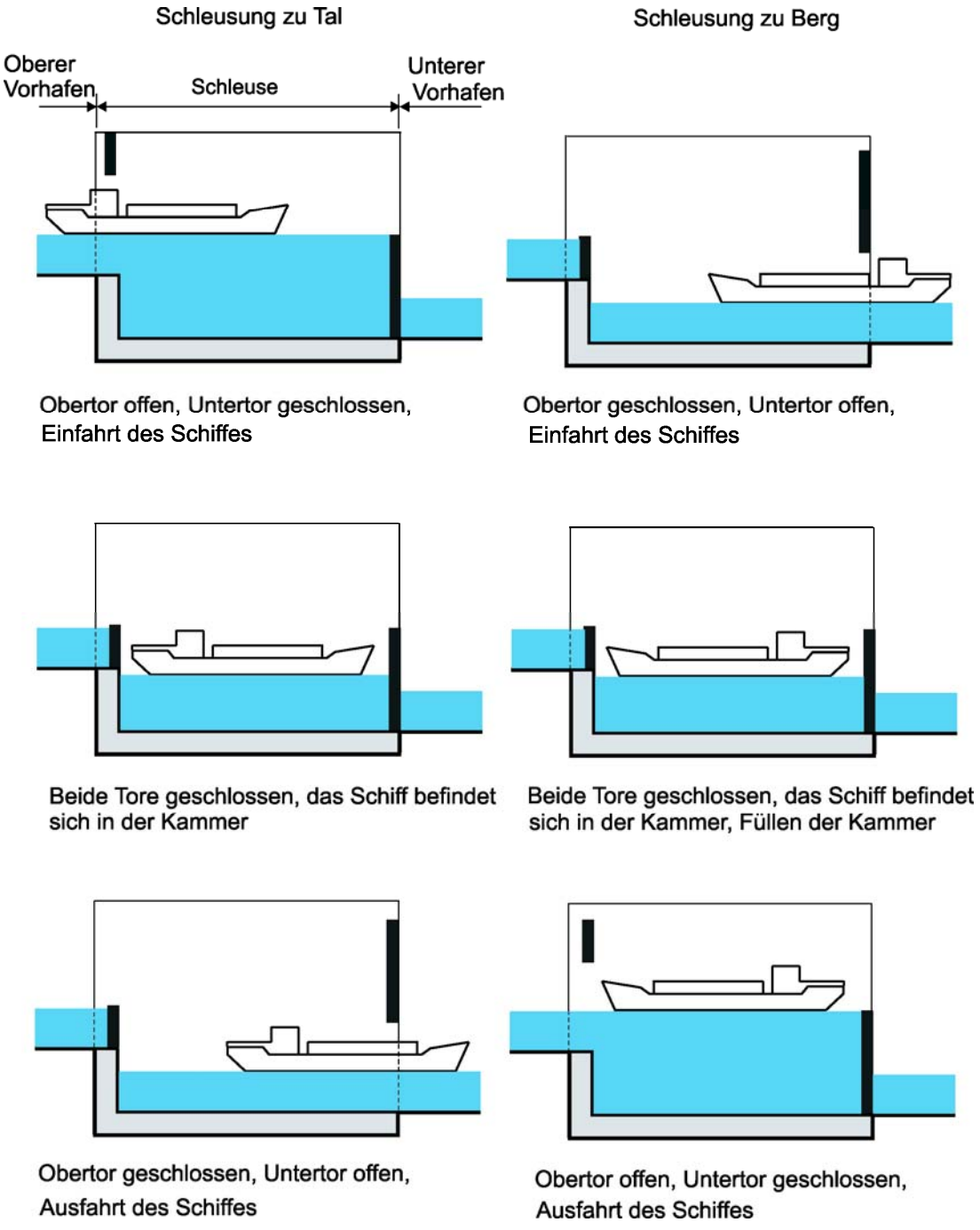
- Massive Schleusen mit massiven Kammersohlen
- Schleusen mit massiven Wänden und Häuptern, Kammersohle nicht massiv
- Kammern in Spundwänden, Häupter massiv oder in Spundwänden
- Stahlbetonkammern
- Kammerwände geböscht.

Bestandteile der Schleusen (Bild 16-11)

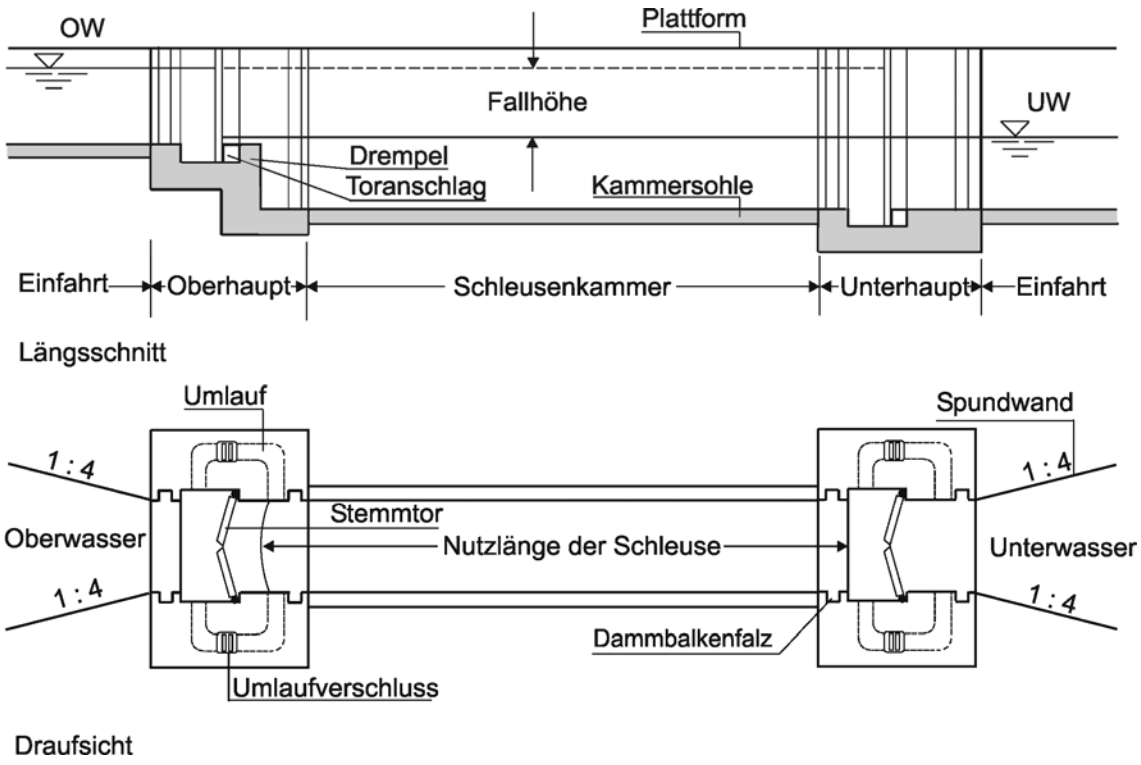
- Schleusenkammer mit Ausrüstungsteilen
- Schleusenhäupter (Oberhaupt und Unterhaupt, gelegentlich auch Mittelhaupt) mit den Schleusentoren
- Obere und untere Schleusenvorhäfen mit den Signaleinrichtungen
- Schleusenbetriebsgebäude
- Gegebenenfalls Speicherbecken in der Scheitelhaltung
- Gegebenenfalls Sparbecken.

Regelabmessungen für neue Schleusen

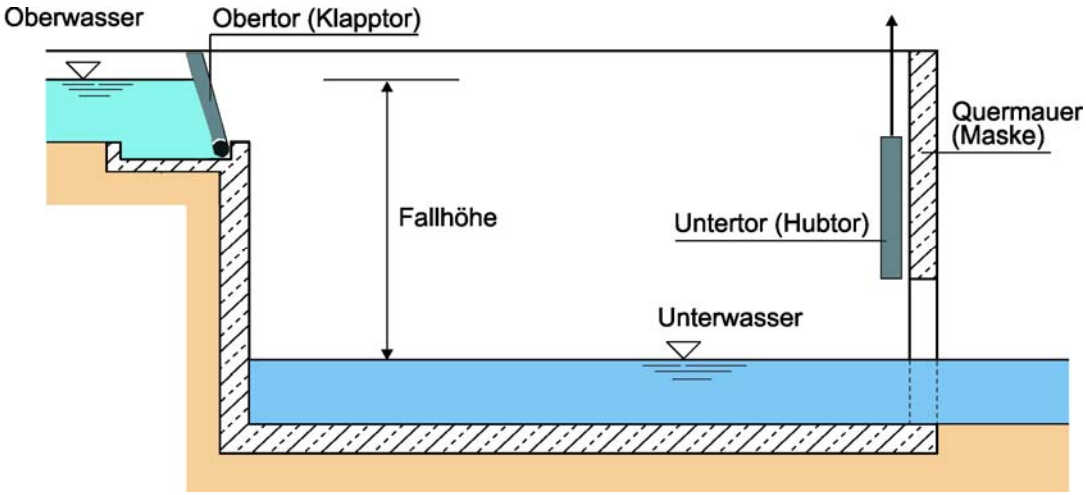
Nutzlänge	190,00 m oder 115,00 m
Breite	12,50 m
Wassertiefe über dem Drempel	4,00 m
Schleusenplattform	Die Oberkante der Schleusenplattform soll 1,50 m über dem Normalstau oder 1,10 m über dem HSW liegen.
Höhe der Kammer	max. etwa 25 m


Schleusung zu Tal
Schleusung zu Berg
Oberer Vorhafen
Schleuse
Unterer Vorhafen
Obertor offen, Untertor geschlossen, Einfahrt des Schiffes
Obertor geschlossen, Untertor offen, Einfahrt des Schiffes
Beide Tore geschlossen, das Schiff befindet sich in der Kammer
Beide Tore geschlossen, das Schiff befindet sich in der Kammer, Füllen der Kammer
Obertor geschlossen, Untertor offen, Ausfahrt des Schiffes
Obertor offen, Untertor geschlossen, Ausfahrt des Schiffes

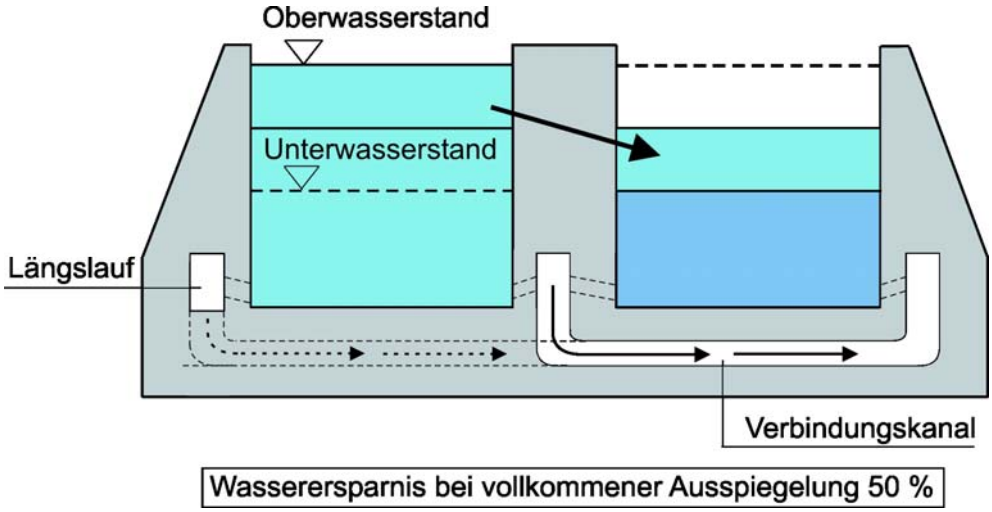
16-10 Schleusungsvorgang



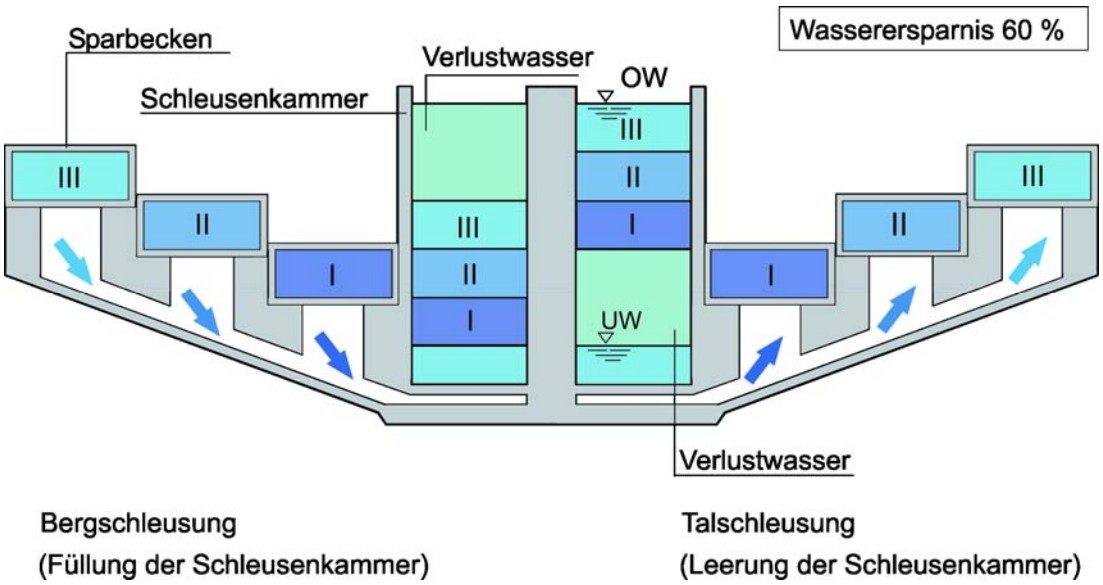
16-11 Längsschnitt und Draufsicht einer Schleuse



16-12 Schematischer Längsschnitt durch eine Schachtschleuse



16-13 Zwillingsschleuse



16-14 Schematischer Querschnitt einer Doppelschleuse mit Sparbecken

Möglichkeiten zum Füllen und Leeren der Schleusenkammern

- durch Schützen im Tor
- durch Anheben des Tores
- durch Absenken und Umklappen des Tores
- durch kurze Umläufe vom Ober- und Unterhaupt aus
- durch lange Umläufe in der Kammerwand oder in der Sohle, mit Stichkanälen mit der Kammer verbunden.

Ausführungsarten von Schleusentoren (Bild 16-15)

Stemmtor (Bild 16-16)

Das Stemmtor, die gebräuchlichste Torform, besteht aus zwei Torflügeln, die sich um eine vertikale Achse, die Wendesäule, bewegen. An den Schleusenhäuptern sind keine Aufbauten erforderlich.

Der beidseitige Antrieb erfolgt

- elektro-mechanisch mit meist offenen Getriebestufen, Drehsegmenten sowie Schubstangen
- elektro-oelhydraulisch mit einem Hydraulikaggregat, Rohrleitungen und einem Hydraulikzylinder
- mit einem Elektro-Hubzylinder als vollständig gekapselte, elektro-mechanische Antriebseinheit. Sie besteht aus dem Antriebsmotor, dem Gewindetrieb mit Lagerung, dem Gehäuserohr sowie der aus- und einfahrenden Kolbenstange.

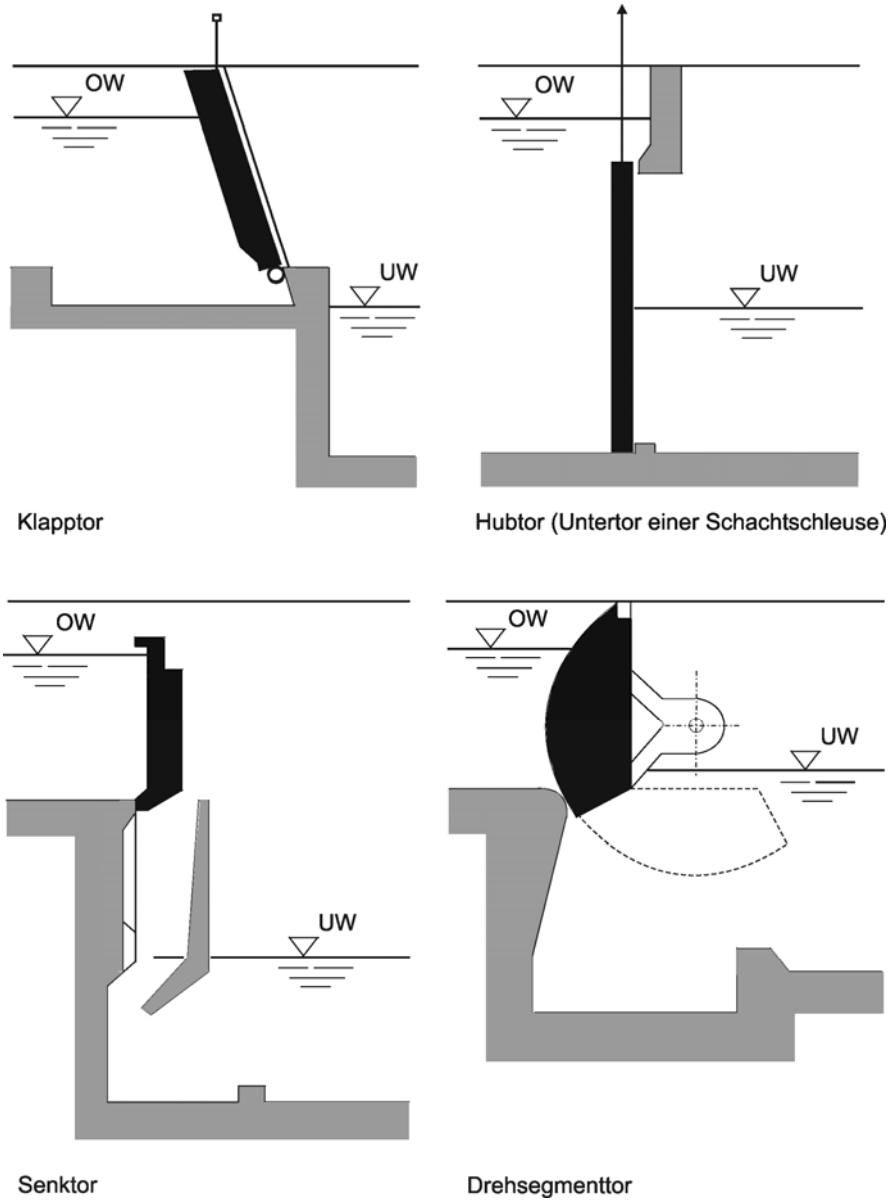
Das Stemmtor ist zum Hochwasserabfluss nicht geeignet. Es ist schwingungsempfindlich, Reparaturen sind schwierig, da die Tore sich ständig im Wasser befinden..

Klapptor, Hakenklapptor

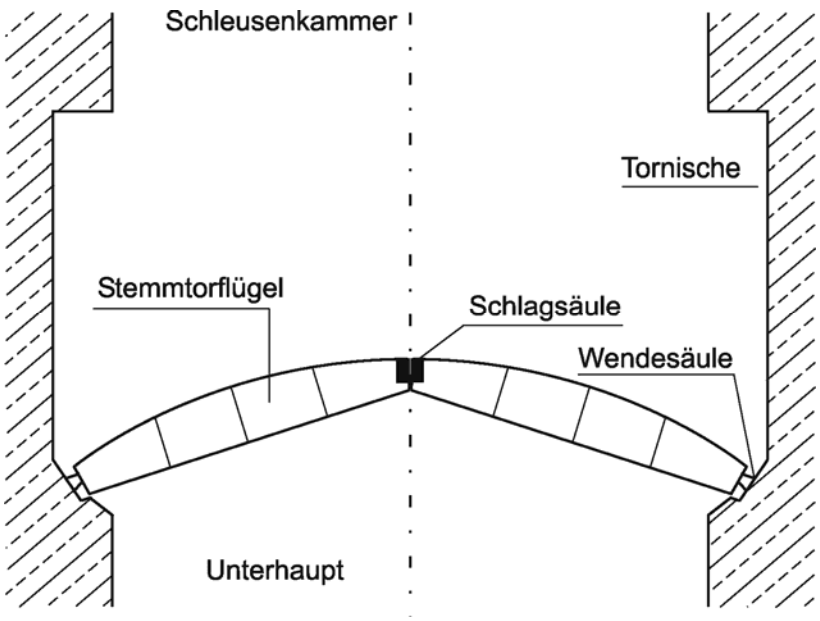
Das Tor klappt im Allgemeinen nach Oberwasser hin in eine Öffnung in der Sohle. Ein Tor für kleine Schleusen und niedrige Stauhöhen.

Drehtor, Hubdrehtor

Das Tor wird nach oben weggedreht, beim Hubdrehtor zunächst senkrecht angehoben.



16-15 Schleusentore



16-16 Stemmtor (Draufsicht)

Hubtor

Die Torkörper hängen an großen Hubgerüsten. Gegengewichte heben das Eigengewicht zum großen Teil auf. Nachteil des Hubtores ist der große Stahlverbrauch, Vorteile sind die kurzen Häupter und die leichte Instandsetzung. Einsatz vor allem in Bergbaugebieten, da gegen Setzungen unempfindlich, und am Unterhaupt von Schachtschleusen.

Senktor, Hubsenktor

Zur Füllung der Kammer wird das Tor etwas gesenkt bzw. angehoben, Energie wird durch eine Betonprallwand aufgenommen. Nach Wasserspiegelausgleich wird das Tor abgesenkt. Vorteile des Tores sind leichte Unterhaltungsarbeiten, da das Tor ganz aus dem Wasser herausgefahren werden kann, sowie die niedrigen Aufbauten.

Drehsegmenttor

Bei diesem Tor wird eine kreisförmig gebogene Abschlussfläche um einen axialen Mittelpunkt bewegt. Es hat einen einseitigen Antrieb. Verwendung als Obertor.

Schiebetor

Das Tor wird senkrecht zur Schleusenachse in eine Torkammer verschoben. Es ist für große Weiten geeignet. Verwendung vor allem im Seebau, da gegen starken Wellenschlag unempfindlich.

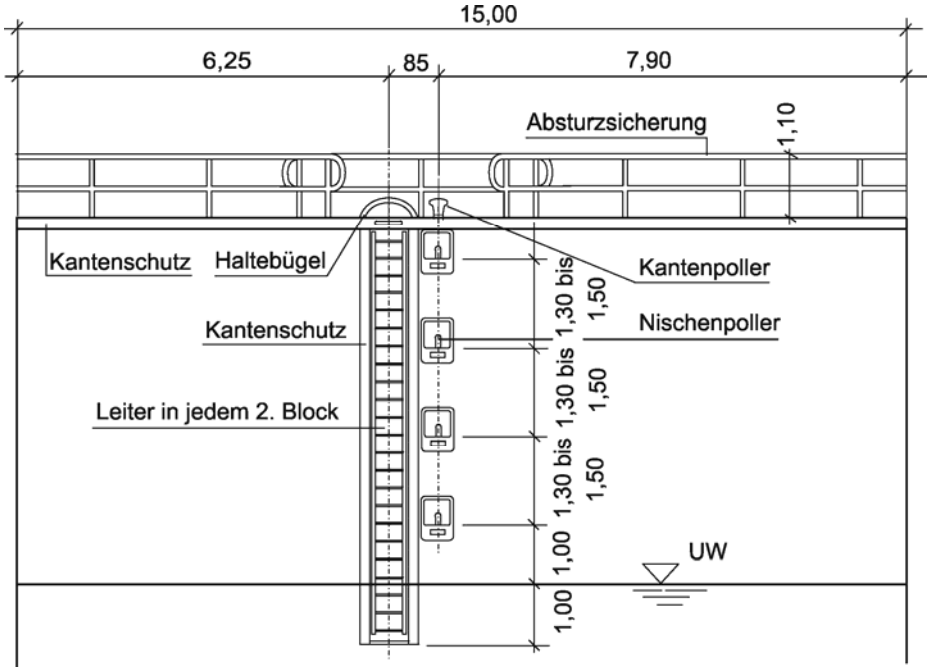
Blockeinteilung, Ausrüstung der Kammerwände

Die Blocklänge als Regellänge beträgt bei massiven Schleusen 15 m (einheitliche Schalung). Der Regelblock beinhaltet (Bild 16-17):

- Steigeleitern
  Die Häupter benachbarter Kammermauerblöcke müssen auf beiden Kammerseiten mit Steigeleitern ausgerüstet werden, die bis zur Kammersohle hinunterführen. Anordnung rechtwinklig zur Schleusenachse in einer 80 cm x 80 cm großen Nische.
  Jeder zweite Kammerblock erhält in wechselseitiger Anordnung eine parallel zur Kammerwand stehende Leiter.

Oberhalb der Leiter befindet sich ein Bügel, der als Schleif- oder Steigeleiterbügel bezeichnet wird.

- Schwimmpoller
  Erforderlich bei einer Hub- oder Senkgeschwindigkeit über 2 m/min und/oder einer Schleusungshöhe über rd. 5 m. Lagerung auf Schienen oder Rollen. Bemessung für 200 kN Trossenzug.
- Nischenpoller
  Anordnung stets links (bei Schleusenneubauten) neben der Leiter, Bemessung für 200 kN Trossenzug. Ausbildung als Abreißpoller.
- Kantenpoller
  Benutzung durch Schiffe, die bei Oberwasser einfahren. Anordnung in der Achse der Nischenpoller. Bemessung für 200 kN Trossenzug.
- Stahl-Kantenschutz
  Er befindet sich an den oberen waagerechten Kanten und an den senkrechten Kanten der Leiter- und Schwimmpollernischen.
- Scheuerleiste
  Zum Schutz der Häupter und der massiven Teile der Einfahrtleitwerke können waagerechte Stahl-Scheuerleisten angebracht werden. Ihr Achsabstand beträgt 11 m.
- Stoßschutz
  Um Sachschäden und Folgeschäden durch Toranfahrung zu verhindern, wird in der Regel oberstrom des Untertores ein Stoßschutz angebracht. Dabei handelt es sich um ein Seil oder einen Stoßschutzbalken.
- Kennzeichnung der Nutzlänge
  Die Nutzlänge ist das Maß zwischen der Stoßschutzeinrichtung (oder der Vorderkante des Untertores) und der kammerseitigen Wand des Drempels. Die Länge wird an beiden Kammerwänden durch 35 cm breite Streifen in gelber Farbe gekennzeichnet.
  Für längere Schiffe und Schiffsverbände können Entfernungsmarken angebracht werden.



16-17 Regelblock einer Schleusenkammer

Hotopp-Schleuse

Die Hotopp-Schleuse benötigt für ihren Betrieb keine zusätzliche Energie. Die Einrichtungen zum Füllen und Entleeren der Schleuse sowie zum Bewegen der Tore werden mit Luftdruck betrieben, der durch Ausnutzung des Gefälleunterschiedes zwischen dem Ober- und Unterwasser erzeugt wird.

Die Schleusenkammer wird über Heberleitungen nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren gefüllt und entleert. Luft bewegt die Schleusentore. Das Klapptor am Oberhaupt der Schleuse liegt bei geöffneter Schleuse auf dem Grund. Zum Schließen wird Luft unter den Schwimmkasten des Tores geleitet. Die aufsteigende Luft verdrängt das Wasser, das Tor erhält Auftrieb und richtet sich auf. Am Unterhaupt sind die Stemmtorflügel mit Schwimmerbrunnen verbunden. Zum Schließen wird Luft in die Schwimmer geleitet. Sie erhalten Auftrieb, steigen auf und bewegen über Schubstangen die Torflügel.

Die 7 Schleusen des Elbe-Lübeck-Kanals waren mit diesem Antriebssystem versehen, das seit der Eröffnung des Kanals im Jahre 1900 einwandfrei arbeitet. Die Schleuse Lauenburg ist inzwischen durch einen Neubau ersetzt worden. Weitere Schleusen nach dem Hotopp-System sind die Schleusen Wernsdorf/Oder-Spree-Kanal und Kleinmachnow/Teltowkanal.

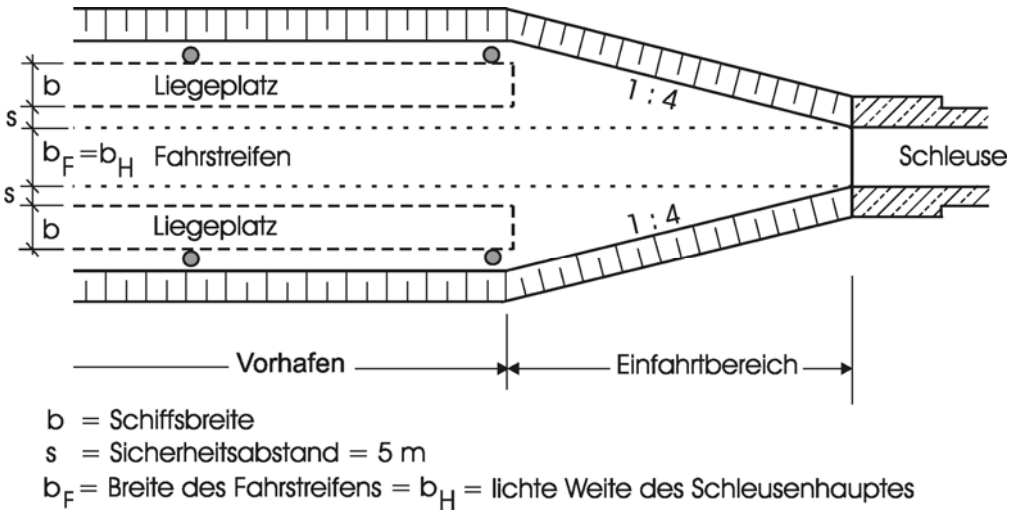
Schleusenvorhäfen

Schleusenvorhäfen sind Bestandteile einer Schleusenanlage. Sie werden im Oberwasser und Unterwasser im Anschluss an die Schleusenhäupter angeordnet und sollen einen zügigen Schleusenbetrieb ermöglichen.

Der Schleusenvorhafen setzt sich wie folgt zusammen (Bild 16-18):

- Schleuseneinfahrtbereich
- Liegeplatzbereich einseitig oder beiderseitig der Fahrstreifen mit
  - Startplätzen (Der Startplatz ist der der Schleuse am nächsten gelegene Liegeplatz für das ranghöchste Fahrzeug)
  - Warteplätzen und ggf. Koppelplätzen
- Übergangsbereich zur freien Kanal- oder Flussstrecke
- Fahrstreifen.

Die Größe der Vorhäfen wird durch die Auslastung der Schleuse bestimmt. Die Länge des Liegeplatzbereiches einer Einzelschleuse sollte jedoch mindestens 350 m betragen. Die Tiefe des Vorhafens soll gleich der Drempeltiefe der Schleuse, in Kanälen mindestens aber gleich der Tiefe der freien Kanalstrecke sein.



16-18 Schleusenvorhafen

Automatisierung und Fernbedienung von Schleusen

Das BMVBS strebt eine Automatisierung oder eine Fernbedienung der ca. 340 Schleusenanlagen an. Die Automatisierungstypen werden wie folgt unterschieden:

1. Fernbedienung durch Schichtleiter
2. Selbstbedienung
    - halbautomatisch, ohne Fernüberwachung
    - halbautomatisch, mit Fernüberwachung
    - manuell, ohne Fernüberwachung
3. automatischer Betrieb.

Bei der Fernbedienung werden mehrere Schleusen von einer Leitzentrale bedient. Dabei können die Schleusen nur noch über Bildschirme beobachtet werden. Voraussetzung für die Fernbedienung der Schleusen ist in der Regel der Ersatz der steuerungstechnischen Anlagen durch speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) sowie die Erneuerung der (älteren) elektrotechnischen Ausrüstung und der maschinenbautechnischen Anlagen. Da die WSV bei Überschreiten einer bestimmten Wasserführung die Wehrbedienung übernimmt, ist in den Leitzentralen auch die Fernbedienung der Wehre zu ermöglichen.

Bei der Selbstbedienung führt die Schiffsbesatzung die Schleusung eigenverantwortlich aus. Selbstbedienung und automatischerr Betrieb kommen bei kleineren, meist älteren Schleusen in Betracht. Diese sind in der Regel baulich, sicherheitstechnisch und hinsichtlich der Verkehrssicherungspflicht in einen einwandfreien Zustand zu bringen.

16.4 Schiffshebewerke

Schifffshebewerke dienen der Überwindung größerer Fallhöhen auf mechanischem Wege. Bei Höhen ab etwa 25 m werden statt Schleusen Hebewerke bevorzugt. Schleusen haben mit zunehmender Hubhöhe einen höheren Wasserbedarf, während Hebewerke praktisch keinen Wasserverlust haben.

Bei Hebewerken wird zwischen Trocken- und Nassförderung unterschieden. Trockenförderung bedeutet, dass Schiffe auf der Plattform eines Transportwagens transportiert werden. Das geschieht in der Regel auf einer geneigten Ebene, ist aber nur möglich bei relativ kleinen Schiffsgefäßen (heute z. B. noch auf den sog. Rollbergen in Masuren). Bei der Nassförderung fährt das Schiff in einen Trog, der es entweder senkrecht oder auf einer geneigten Ebene transportiert (Bild 16-19). Der Trog und die Haltungen sind mit Hubtoren abgesperrt. Der Schlitz zwischen Trog und Haltung muss während der Bewegung des Troges geschlossen sein.

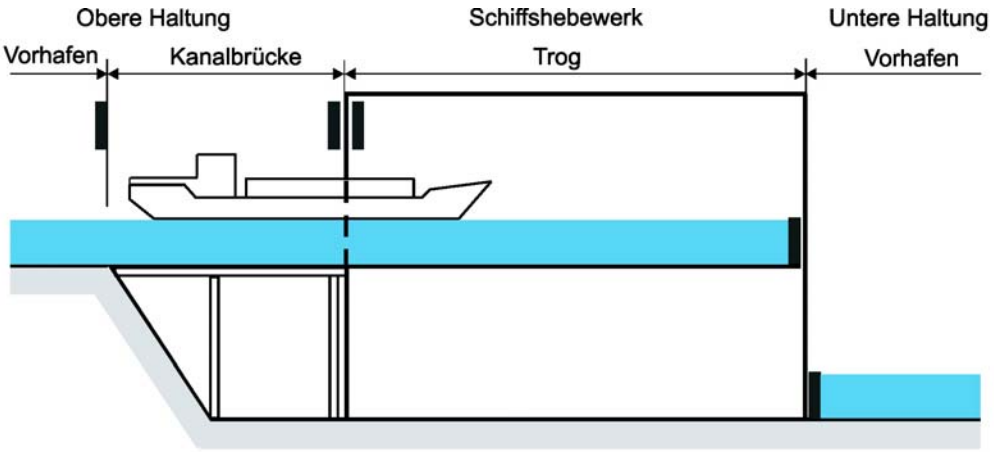
Bei der Nassförderung bleibt das Gewicht des Troges immer gleich, da das Schiff die seinem Bruttogewicht entsprechende Wassermenge verdrängt.

Der Gewichtsausgleich kann entweder durch Gegengewichte oder durch einen zweiten Trog hergestellt werden.

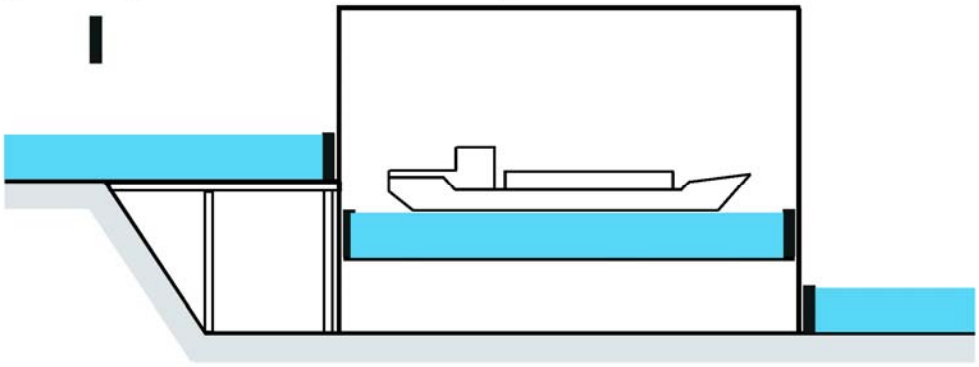
Bei Hebewerken mit senkrechter Förderung werden folgende Systeme unterschieden:

- Presskolben-Hebewerk
- Schwimmerhebewerk
- Gegengewichtshebewerk
- Sonderformen, z. B. Rotationshebewerk.

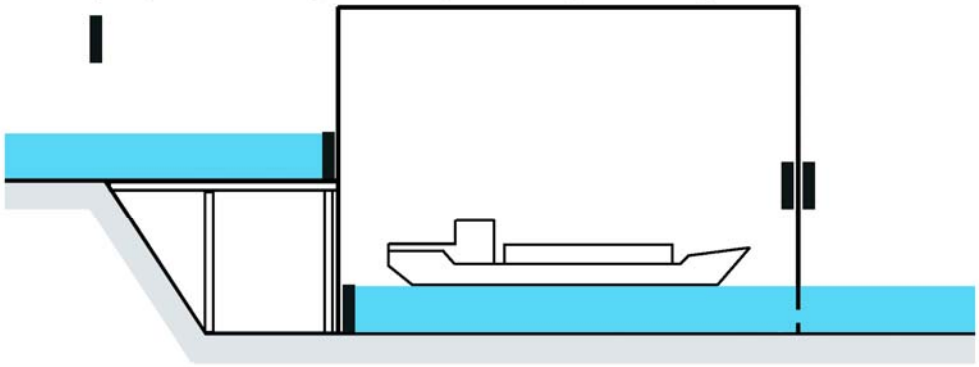
Hebewerke mit geneigter Ebene werden unterschieden in Längs- und Querförderung. Eine Sonderform der Längsförderung ist der Wasserkeil.



Der Trog befindet sich in der oberen Stellung. Das Tor der Kanalbrücke und das Tor der zugehörigen Trogseite sind geöffnet. Das Schiff fährt in den Trog ein.



Die o. g. Tore werden geschlossen, der Spalt zwischen Trog und Haltung wird geleert, die Spaltdichtung wird zurückgezogen und der Trog wird entriegelt. Der Trog wird herabgelassen.



Der Trog befindet sich in der untersten Stellung. Er wird mit der unteren Haltung verriegelt, der Spalt zwischen Trog und Haltung wird abgedichtet und mit Wasser gefüllt. Das Tor der unteren Haltung und das Tor der zugehörigen Trogseite werden geöffnet. Das Schiff fährt aus dem Trog.

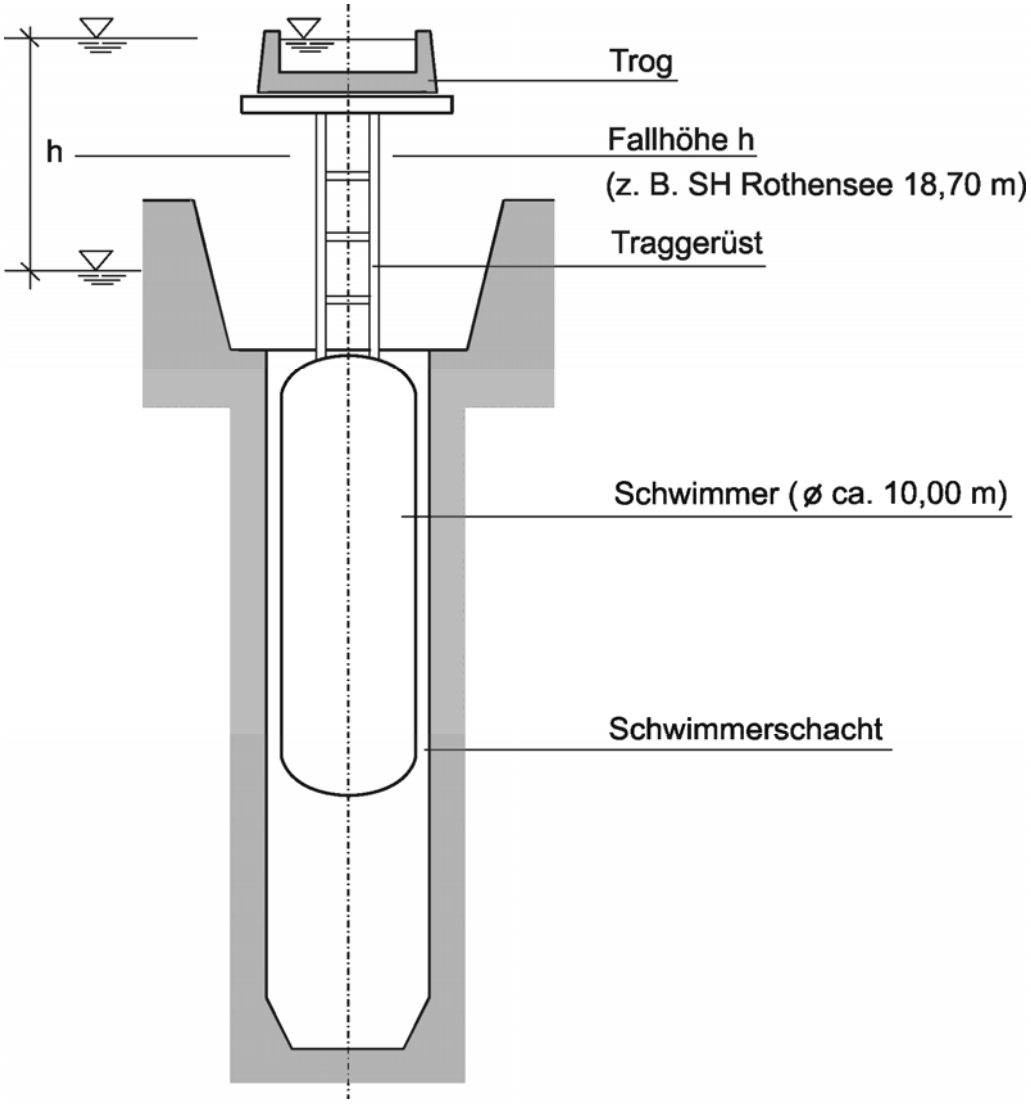
16-19 Arbeitsweise eines Senkrechthebewerkes – Senkvorgang

Presskolben-Hebewerk (Bild 16-22)

Das Presskolben-Hebewerk ist ein Druckwasserhebewerk, das als Zwillingshebewerk arbeitet. Jeder Trog befindet sich auf einem Presskolben, dessen Zylinder durch ein Rohr mit einem Absperrventil verbunden ist. Das System wirkt wie eine hydrostatische Waage; wird einem Trog eine größere Wassermenge zugeführt, so gerät das System in Bewegung. Dieses System ist inzwischen durch Schwimmer oder Gegengewichte abgelöst worden.

Schwimmerhebewerk (Bild 16-20)

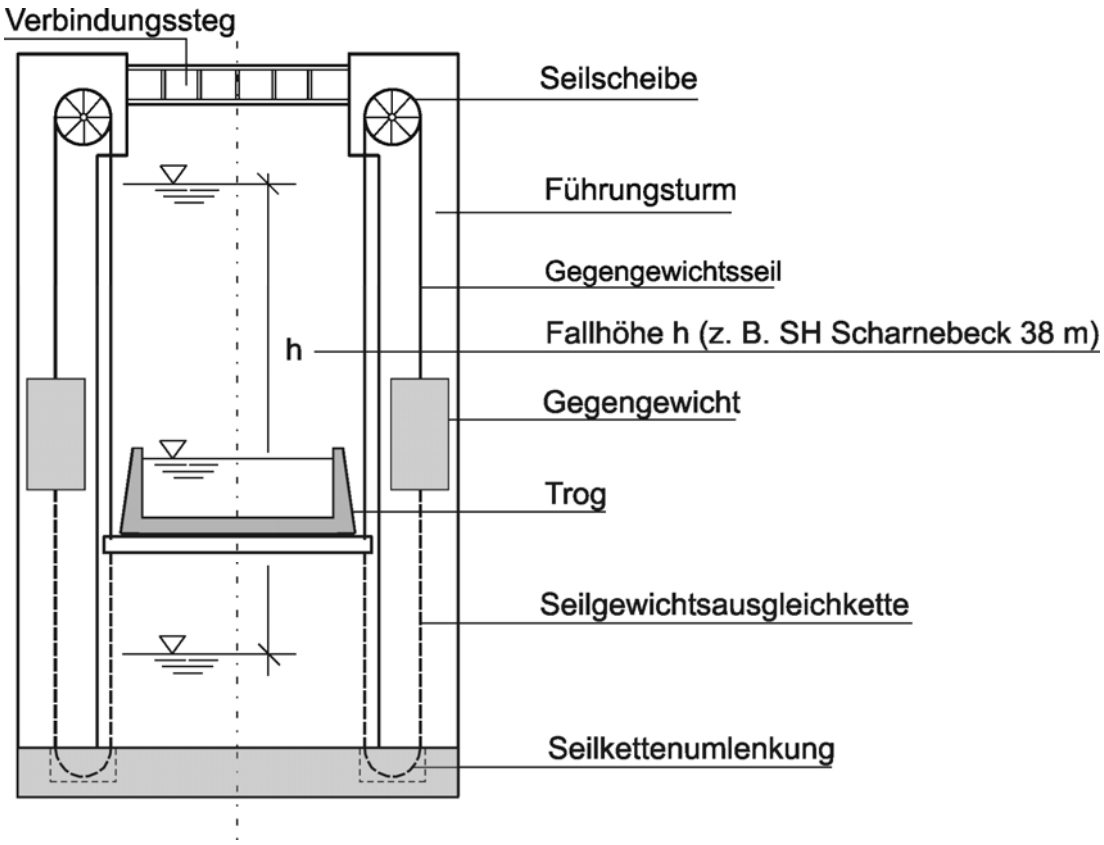
Beim Schwimmerhebewerke ruhen die Stützen des Troges auf Schwimmern, die in Wasser gefüllte Brunnen eintauchen. Das Troggewicht wird durch den Auftrieb der Schwimmer getragen. Die Hubhöhe eines Schwimmers wird durch die Tiefe der Brunnen begrenzt.



16-20 Schwimmerhebewerk (Querschnitt) - Schraubenspindeln zum Antrieb nicht dargestellt -

Gegengewichtshebewerk (Bild 16-21)

Das Gegengewichtshebewerk gleicht die Last des Troges durch Gegengewichte aus. Diese hängen an Drahtseilen, die über Seilscheiben laufen. Beim Schifffshebewerk Niederfinow hängt der 85 m lange Trog an 128 Seilscheibern von 3,50 m Durchmesser.



16-21 Gegengewichtshebewerk (Querschnitt)
- Antriebselemente (Spindeln, Zahnstangen) nicht dargestellt -

Rotationshebewerk (Bild 16-22)
Beim Rotationshebewerk wird das Schiff mittels zweier Gondeln transportiert, die um die Mittelachse rotieren. Dieses System wurde erstmals beim Schiffshebewerk Falkirk Wheel in Schottland angewendet, das im Jahr 2002 in Betrieb genommen wurde. Dieses Hebewerk überwindet jedoch nur einen Höhenunterschied von 15 m und ist nur für den Transport kleinerer Boote konzipiert.

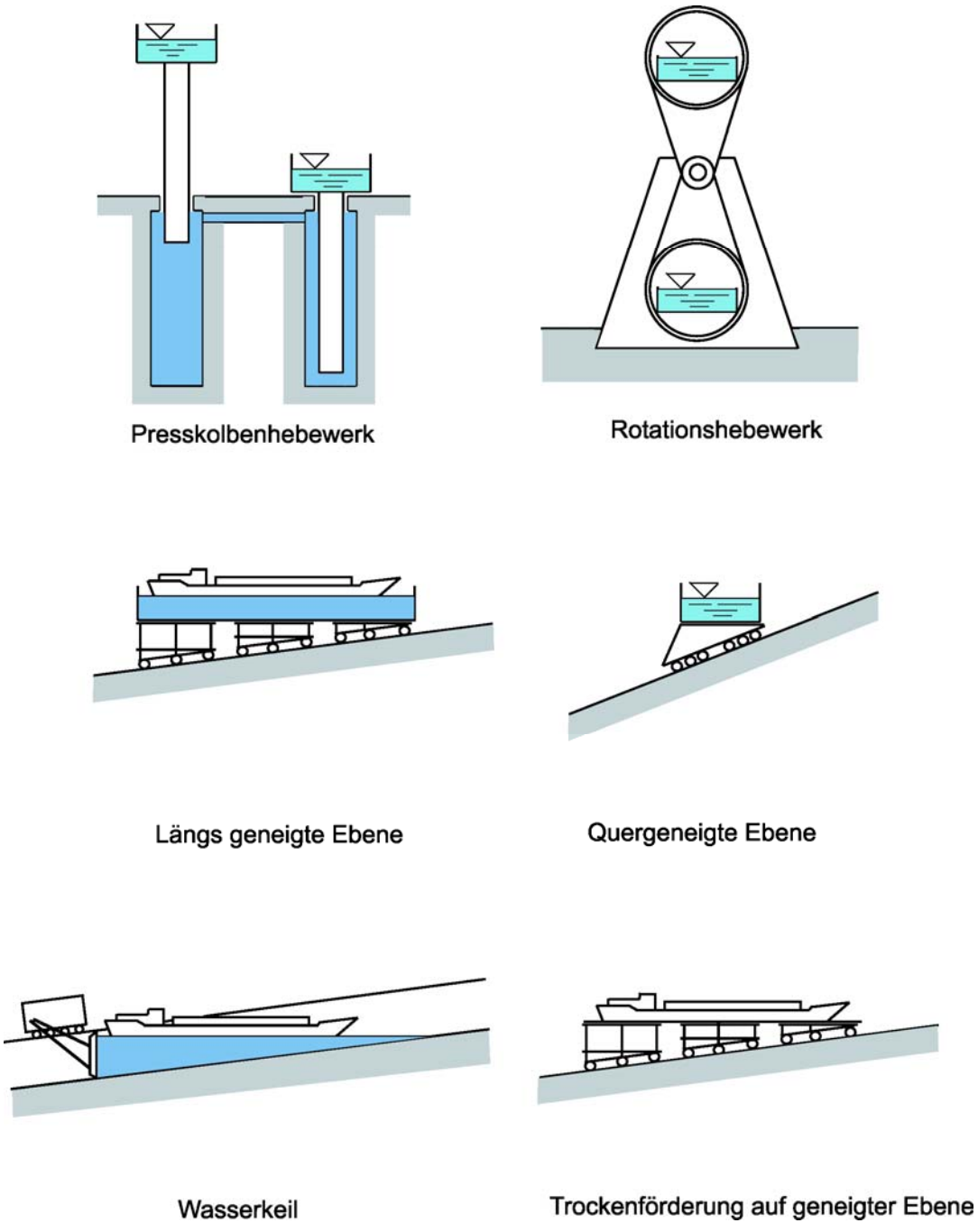
Hebewerk mit geneigter Ebene (Bild 16-22)
Bei einer geneigten Ebene wird das Schiff mit einem Trog längs oder quer zur Achse der Haltung auf Schienen bewegt (Nass- oder Trockenförderung). Der Gewichtsausgleich erfolgt entweder durch einen zweiten Trog oder mit Gegengewichten.

Wasserkeilhebewerk (Bild 16-22)
Beim Wasserkeilhebewerk wird das Schiff nicht in einem Trog befördert, sondern im Wasser schwimmend auf einer schiefen Ebene durch den Schild eines Transportwagens aufwärts gedrückt. Nach diesem System wurden bisher zwei Hebewerke in Südfrankreich gebaut.

Bestandteile eines Hebewerkes sind auch die Vorhäfen. Die Ausführungen zu Schleusenvorhäfen im Kapitel 16.3 „Schleusen“ gelten auch für Vorhäfen von Hebewerken.

Schiffshebewerke in Deutschland und weltweit:
In Deutschland gibt es 4 betriebene Schiffshebewerke, die den Trog senkrecht fördern: Henrichenburg (14,50 m), Scharnebeck (38 m), Rothensee (18,67 m), Niederfinow (36 m).

Das bisher größte Schiffshebewerk wurde in Krasnojarsk/Russland mit 102 m als Schrägaufzug gebaut. In China entsteht z. Zt. im Zusammenhang mit dem Drei-Schluchten-Damm ein Schiffshebewerk mit senkrechter Förderung bei 150 m Fallhöhe.



16-22 Arten von Schiffshebewerken außerhalb Deutschlands

16.5 Kanalbrücken

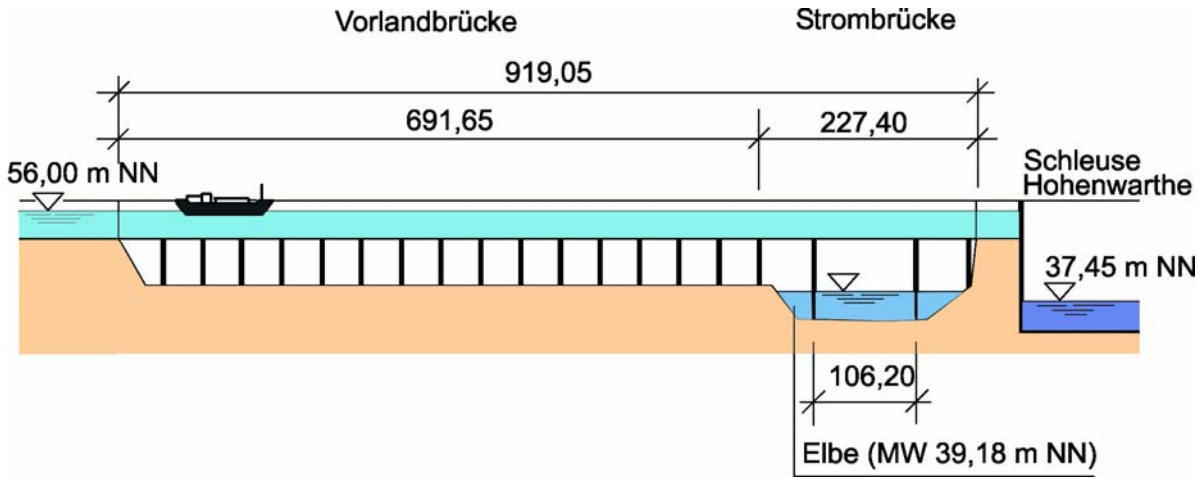
Eine Kanalbrücke ist ein Brückenbauwerk zum Überführen eines Schifffahrtskanals über andere Gewässer, Verkehrswege oder Geländeeinschnitte. Diese Brücke wird heute in der Regel als stählerne Trogbrücke ausgeführt, d. h. der Trog ist zwischen den Hauptträgern angeordnet.

Für Sonderbauwerke wie Kanalbrücken gibt es keine Berechnungsvorschriften, diese werden analog zu denen für Straßenbrücken berücksichtigt. Die nachfolgende Aufstellung zeigt, welche Lasten bei der Kanalbrücke über die Elbe bei Magdeburg zugrunde gelegt wurden:

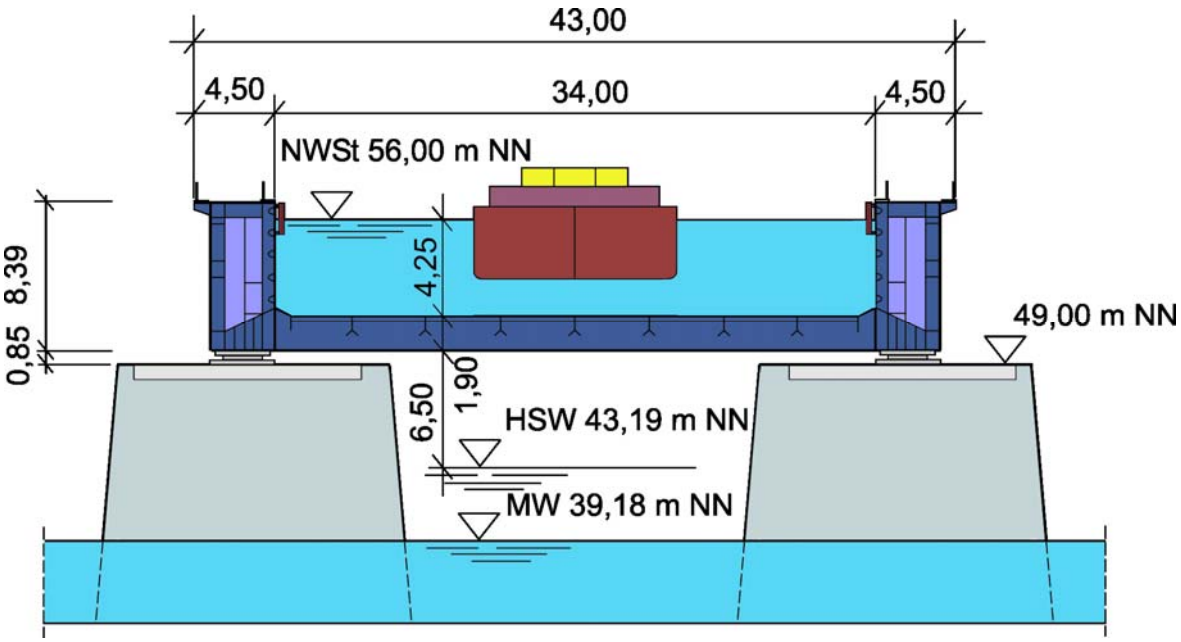
- Eigengewicht
- Wasserlast
- Windlast
- Verkehrslasten auf dem Betriebsweg und dem Bedienungssteg
- Setzungen und Hebungen
- Schiffsstoß
- Gesunkenes Schiff
- Eislast
- Temperaturen
- Erdbeben.

In Deutschland gibt es eine größere Zahl Kanalbrücken; auch die Anbindung eines Schiffshebewerkes an die oberstromige Haltung erfolgt mit einer Kanalbrücke. Die längste Kanalbrücke weltweit ist die Kanalbrücke über die Elbe bei Magdeburg (Bilder 16-23 und 16-24) mit folgenden technischen Daten:

- Gesamtlänge 918 m (Vorlandbrücke 690 m, Strombrücke 228 m)
- Trogbreite 34 m
- Wassertiefe 4,25 m
- Maximale Stützweite 106 m
- Stahlgewicht 24 000 t.



16-23 Längsschnitt der Kanalbrücke Magdeburg (überhöhte Darstellung)



16-24 Querschnitt der Kanalbrücke Magdeburg im Strombereich

16.6 Anlagen zur Überwindung von Gefällstufen für Sportboote

Bootsschleppe

Mit einer Bootsschleppe können Kanus, Ruderboote sowie kleinere Motor- und Segelboote umgesetzt werden. Sie kann allein oder nach Bedarf in Verbindung mit einer Bootsgasse oder einer Bootsschleuse angeordnet werden.

Die Bootsschleppe besteht aus den Rampen als Einsatzstellen mit Anlegeplattformen im Ober- und Unterwasser und dem Verbindungsweg. Dazu gehören ein oder mehrere Wagen für den Transport der Boote.

Die Einsatzstellen sind in der Regel als Längsrampen mit einer Neigung von 1 : 8 bis 1 : 15 ausgebildet. Die Rampe ist wasserseitig so gestaltet, dass auch bei niedrigstem Wasserstand noch die Möglichkeit besteht, mit einem Bootswagen unter das schwimmende Boot zu fahren.

Die Bootswagen sind mit Kunststoffgurten versehen, in denen die Boote lagern. Je nach Höhenunterschied und Nutzlast kann eine mechanische Aufzugshilfe (Spill, Winde, Umlaufseil) in Betracht kommen.

Bootsgasse

Eine Bootsgasse kommt dort in Betracht, wo ein starker Bootsverkehr vorhanden oder zu erwarten ist. Sie ermöglicht eine fast ungehinderte Talfahrt, zu Berg können die Boote mit geringer Zugkraft von Hand oder mit einem Lift getreidelt werden.

Eine Bootsgassenanlage besteht aus dem oberen Vorhafen, der Gasse (Einlaufbauwerk und Rinne) und dem unteren Vorhafen. Die Gasse kann im Grundriss gerade oder in einer Krümmung ($r > 150$ m als Kanugasse, $r > 300$ m als Universalgasse) angelegt werden. Es gibt offene und geschlossene Gassen.

Offene Gassen werden ständig durchströmt und kommen nur in Frage, wenn andere Wassernutzungen an der Stauanlage nicht beeinträchtigt werden und wenn die je nach Gassenbreite benötigte Mindestwassermenge von je 1,5 bis 2,5 m^3/s im Wasserlauf nicht unterschritten wird.

Geschlossene Gassen besitzen einen beweglichen Verschluss. Die Rinne wird nur zum Füllen und während der Durchfahrt oder während des Treidelns durchströmt. Dieses System erspart Wasser und ist auch bei geringerer Wasserführung als 1,5 m^3/s und bei Vorhandensein anderer Wassernutzungen anwendbar.

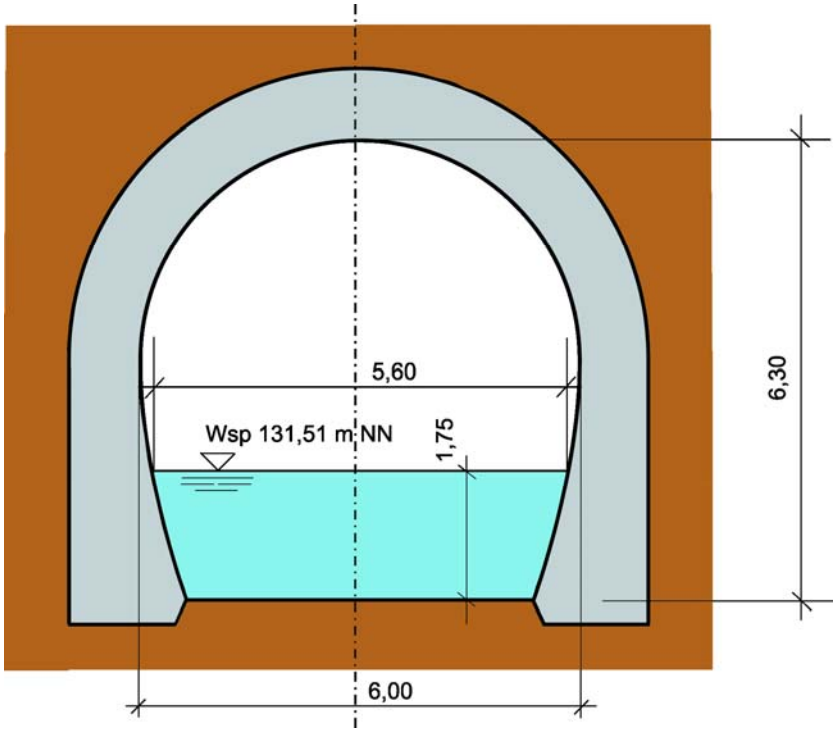
Kanugassen sind 1,30 m breit mit hohen Seitenwangen der Rinne für verschiedene Oberwasserstände, Universalgassen sind 2,30 m breit.
Die Mindestwassertiefe über der Sohle in der Gasse beträgt für die Kanugasse 40 cm, für die Universalgasse mit Motorbootverkehr 60 cm. Das Gefälle wird von etwa 1 : 10 bis 1 : 20 ausgeführt.
Als Verschluss bei geschlossenen Bootsgassen kommen in der Regel ein Segment oder eine Klappe zur Anwendung.

Bootsschleuse
Eine Bootsschleuse wird an Wasserstraßen gebaut, auf denen wegen des starken gewerblichen Schiffsverkehrs und wegen des umfangreichen Sportbootverkehrs Mit- und Sonderschleusungen in den Binnenschiffsschleusen nicht möglich sind.
Die Bootsschleuse wird in der Regel zwischen dem Wehr und der Binnenschiffsschleuse angeordnet. Der Vorhafen der Bootsschleuse ist gegenüber den Strömungen durch das Wehr oder das Kraftwerk abzuschirmen.
Die nutzbare Länge der Schleuse sollte 20,00 m, die nutzbare Breite 4,00 m nicht unterschreiten. Anzustreben ist eine Breite von 4,50 m, bei besonders starker Verkehrsbelastung 7,00 m.
Die Mindestfahrwassertiefe soll über dem Drempel 1,80 m betragen, bezogen auf den ungünstigsten Wasserstand. Die Schleusenplattform liegt mindestens 0,75 m, in der Regel 1,00 m über dem Normalstau.
Als Torverschluss hat sich das einflügelige Schlagtor an beiden Häuptern bewährt.
Im Oberwasser und Unterwasser der Schleuse sind Revisionsverschlüsse vorzusehen.
Zur Ausrüstung der Schleuse gehören mindestens zwei Steigeleitern, zwei Haltestangen und zwei Nischenpollerreihen auf jeder Kammerseite. Auf jeder Seite sind außerdem mindestens zwei Kantenpoller in der Linie der Haltestangen bzw. Nischenpoller anzuordnen.
Die Vorhäfen sollen eine Mindestbreite von 12,00 m haben, in der die Mindestfahrwassertiefe vorhanden sein muss.
Die Länge des Liegeplatzes im Vorhafen muss das Hintereinanderliegen der Boote einer Schleusenkammerbelegung ermöglichen. Die Mindestlänge des Liegeplatzes sollte jedoch das $1^1/_2$-Fache der nutzbaren Schleusenkammerlänge betragen.
Lange Übergänge vom Vorhafen zur Schleusenkammer, wie bei den Binnenschiffsschleusen erforderlich, werden bei Sportbootschleusen nicht benötigt.
Die Bootsschleusen sind für Selbstbedienung einzurichten. Bewährt hat sich der ölhydraulische Antrieb mit automatischer Zwangssteuerung.
Die Bedienungseinrichtung ist auf den modernen Bootsschleusen zentral und hochwassersicher auf der Schleusenplattform angeordnet. Sie umfasst einen Wählhebel, mit dem die Schleusungsrichtung vorgewählt wird, sowie einen Schaltknopf für den Antrieb.
Die Bedienungseinrichtung kann in der Weise erweitert werden, dass auch in der Schleusenkammer eine Bedienung vom Boot aus möglich ist. Hierzu ist neben der zentralen Bedienungseinrichtung auf der Schleusenplattform die Anordnung einer zusätzlichen Bedienungseinrichtung etwa in Kammermitte für sämtliche Steuerbefehle erforderlich, die bei allen Betriebswasserständen innerhalb der Schleusenkammer vom Boot aus betätigt werden kann.

16.7 Schifffahrtstunnel

Schifffahrtstunnel werden gebaut, um Haltungen einzusparen oder abzukürzen.
Während in England und vor allem in Frankreich eine größere Zahl von Schifffahrtstunneln gebaut wurde, sind in Deutschland nur drei Tunnelprojekte realisiert worden. Der 1806 im Redenkanal bei Rüders-

dorf, östlich von Berlin, gebaute Tunnel ist weitgehend zugeschüttet worden, der von 1822 bis 1823 im Kurprinzenkanal bei Freiburg in Sachsen gebaute Tunnel wird heute als Kraftwerkskanal betrieben.
Der einzige noch betriebene Schifffahrtstunnel wurde von 1843 bis 1847 bei Weilburg an der Lahn (Bild 16-25) gebaut. Er verkürzt eine weit ausholende Flussschleife und umgeht dabei zwei Wehre. Das Bauwerk ist 182 m lang, 6,30 m hoch, im Wasserspiegel 5,80 m breit und 1,75 m tief. Am unteren Ausgang ermöglicht eine Kuppelschleuse mit einer Fallhöhe von 4,64 m den Abstieg zur Lahn.



16-25 Schifffahrtstunnel bei Weilburg/Lahn

16.8 Fischwege (Auf- und Abstiegsanlagen)

Aus biologischen Gründen führen Fische (und alle Fließgewässer-Organismen) Wanderungen durch, und zwar nicht nur die zwischen Süßwasser und Meer wechselnden Fische, sondern auch Fische, die sich auf das Süßwasser beschränken. In Fließgewässern werden die Fischwanderungen jedoch durch Wehre behindert.
Fischauf- und -abstiegsanlagen sollen den Fischen die Möglichkeit geben, die Hindernisse im Gewässer zu überwinden. Diese Durchgängigkeit der Fischfauna ist eine wichtige Voraussetzung, um das Ziel der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie, einen guten ökologischen Zustand der Gewässer, zu erreichen.

Fischaufstiegsanlagen

Fischaufstiegsanlagen sind Vorrichtungen, die in Fließgewässern errichtet werden, um unterhalb eines Hindernisses die Fische anzulocken und ihnen die Möglichkeit zu geben, das Hindernis zu überwinden.
Damit Fische die Aufstiegsanlage finden, muss die Anlage eine Leitströmung erzeugen, der die Fische folgen können, denn Fische schwimmen meistens in der Hauptströmung.
Fischaufstiegsanlagen werden in naturnaher oder technischer Bauweise errichtet.

Naturnahe Fischaufstiegsanlagen

Sohlengleite oder Sohlenrampe

Eine Sohlengleite oder Sohlenrampe kann ein aufgegebenes Wehr ersetzen, wenn die Regelung des Wasserspiegels nicht mehr erforderlich ist. Angestrebt wird eine flache Neigung der Gewässersohle, die durch Schüttsteine befestigt und mit Störsteinen versehen wird. Da sich das Bauwerk über die gesamte Breite des Gewässers erstreckt, ist es für die Fische leicht aufzufinden. Es kann auch als Abstiegsanlage genutzt werden.

Umgehungsgerinne

Das Umgehungsgerinne ist ein naturnah gestaltetes Gerinne, das ein Wehr in einiger Entfernung seitlich umgeht. Es kann auch an bestehenden Wehren nachgerüstet werden, ohne dass bauliche Veränderungen am Wehr erforderlich sind.

Die Sohlenbreite sollte mindestens 1,00 m und die Wassertiefe 0,20 m betragen. Das Gefälle soll zwischen 1 : 100 bis 1 : 20 liegen.

Das Umgehungsgerinne kann auch zum Abstieg der Fische genutzt werden.

Fischrampe

Eine Fischrampe ähnelt einer Sohlenrampe oder Sohlengleite, sie erstreckt sich jedoch nicht über die gesamte Breite des Gewässers. Sie ist in die Stauanlage integriert. Die Breite soll mindestens 2,00 m, die Wassertiefe 0,30 bis 0,40 m bei einem Gefälle von 1 : 30 bis 1 : 20 betragen. Die Wassertiefe und die Fließgeschwindigkeit werden durch Störsteine und Steinschwellen hergestellt.

Die Fischrampe ist auch für den Fischabstieg geeignet.

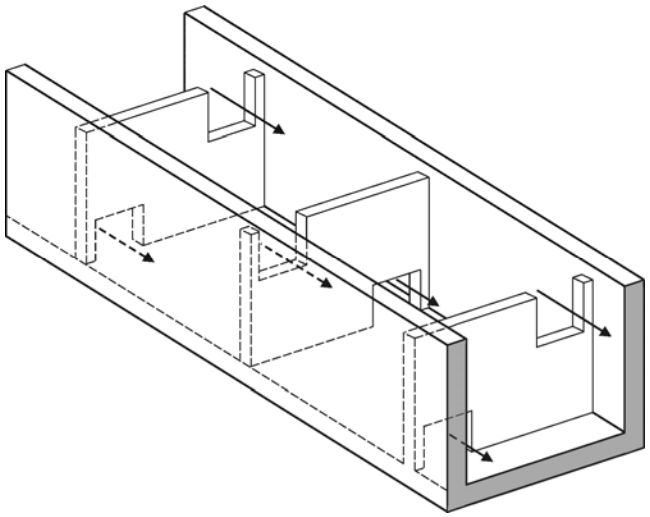
Technische Fischaufstiegsanlagen

Beckenpass (Bild 16-26)

Der Beckenpass besteht aus einer gemauerten oder betonierten Rinne, in der treppenartig angeordnete, durch Zwischenwände unterteilte Becken eingebaut sind. Für den Abfluss sind die Zwischenwände mit Öffnungen an der Sohle und Ausschnitten an der Oberkante versehen. Durch die raue Sohle und die Querwände wird die Fließgeschwindigkeit verringert. Die versetzt angeordneten Öffnungen mit größeren Fließgeschwindigkeiten nutzt der Fisch zum Aufstieg, die Becken dagegen als Ruhezone.

Der Beckenpass kann im Grundriss gerade, gekrümmt oder mit Ecken verlaufen.

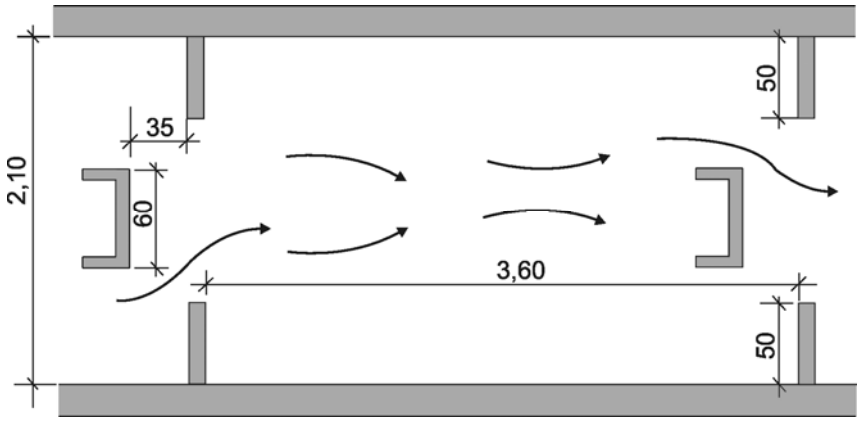
Der Unterhaltungsaufwand des Beckenpasses ist recht hoch, da die Öffnungen stets gereinigt werden müssen.



16-26 Beckenpass

Schlitzpass (Bild 16-27)

Der Schlitzpass ist eine veränderte Form des Beckenpasses. In den Zwischenwänden befinden sich ein oder zwei vertikale, über die gesamte Höhe verlaufende Schlitze. Eine Umlenkkonstruktion leitet die Hauptströmung in die Beckenmitte und verringert dadurch die Fließgeschwindigkeit. Der Reinigungsaufwand ist aufgrund der Größe der Schlitze geringer als beim Beckenpass

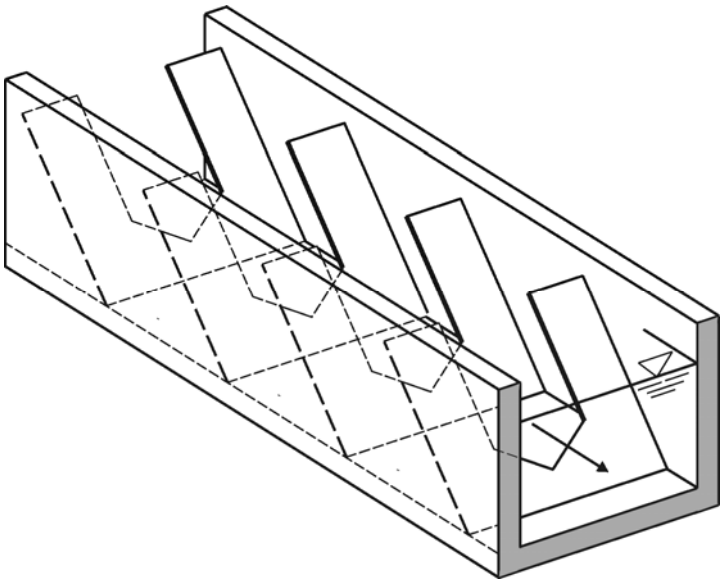


16-27 Schlitzpass der Staustufe Bremen (Draufsicht)

Denilpass (Bild 16-28)

Der Denilpass ist ein geradliniges Gerinne mit beidseitig angeordneten Lamellen, die gegen die Fließrichtung geneigt und U-förmig ausgeschnitten sind. Rückströmungen zwischen den Lamellen führen zu einer geringen Fließgeschwindigkeit im unteren Bereich der Lamelle. Als Ruhezone und für Richtungsänderungen des Passes sind Zwischenbecken erforderlich.

Der Vorteil des Denilpasses ist, dass er einen geringen Platzbedarf hat, vorgefertigt und relativ steil angelegt werden kann. Nachteilig sind der hohe Wasserverbrauch und eine hohe Gefahr der Verstopfung.



16-28 Denilpass

Aalleiter
Eine Aalleiter dient nur jungen Glasaalen, die aus dem Meer aufsteigen, als weitere Aufstiegshilfe. Sie besteht aus einem flachen, offenen Gerinne, in das Schikanen eingebaut sind. Die Rinne wird von Wasser nur durchrieselt, so dass andere Fische diese nicht benutzen können. Sie ist daher in der Regel eine Ergänzung zu einem Becken- oder Denilpass.

Fischschleuse
Die Funktion der Fischschleuse entspricht der einer Schiffsschleuse. Sie ist in der Lage, große Höhenunterschiede zu überwinden. Eine Fischschleuse ist sehr aufwendig, kostenintensiv und erfordert einen hohen Wartungsaufwand.

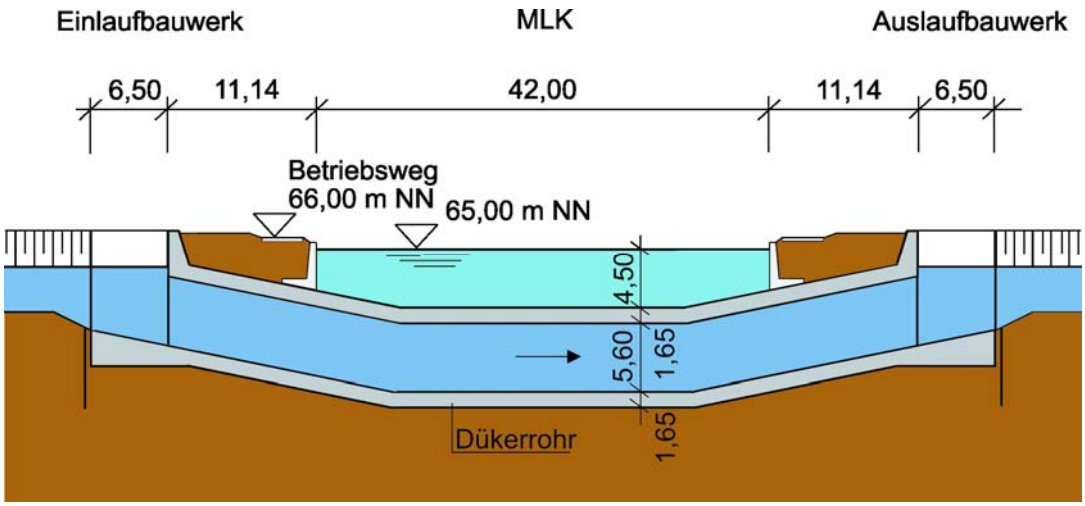
Fischaufzug
Bei dem Fischaufzug handelt es sich um einen Senkrechtaufzug, der große Höhen auf engem Raum überwindet. Vom Oberwasser wird über einen Bypass eine Leitströmung ins Unterwasser geleitet, die die Fische in eine Wanne lockt. Diese wird nach Schließen eines Tores auf die Höhe des Oberwassers gezogen.
Ein Fischaufzug ist sehr aufwendig, kostenintensiv und erfordert einen hohen Wartungsaufwand.

Fischabstiegsanlagen
Während für den Fischaufstieg ausreichend technische Lösungen erarbeitet worden sind, stehen für den Fischabstieg bisher keine ausreichend erprobten Systeme zur Verfügung. Aufgabe einer Fischabstiegsanlage ist, die Fische vor Schäden u. a. durch Turbinen zu schützen und einen schadensfreien Abstieg zu ermöglichen. Dazu gehören folgende, auf die jeweilige Fischart ausgelegte Bestandteile:

- Rechen mit geringen Stababständen
- eine reduzierte Anströmgeschwindigkeit
- eine Leiteinrichtung zur Abstiegsanlage
- Bypass-Systeme zum Abstieg.

16.9 Durchlässe, Düker und große Unterführungsbauwerke

Mit einem Durchlass wird ein kleiner Wasserlauf mit freiem Wasserspiegelgefälle unter einer Wasserstraße hindurchgeführt. Dabei wird das Gefälle des Wasserlaufs beibehalten.
Wenn die Sohle des kreuzenden Wasserlaufs nicht geradlinig hindurchgeführt werden kann, sondern abgesenkt werden muss, handelt es sich um einen Düker (Bild 16-29). Dabei wird das natürliche Gefälle des Wasserlaufs unterbrochen, im abgesenkten Teil fließt das Wasser unter Druck ab. Im Gegensatz zu diesem vollkommenen Düker kann sich bei einem unvollkommenen Düker mit nur gering abgesenktem Teilstück ein Freispiegelabfluss einstellen.
Ein Düker muss mindestens bekriechbar sein, damit Kontrollen und Instandsetzungen durchgeführt werden können. Er muss, um Ablagerungen entfernen zu können, eine Möglichkeit zum Spülen haben.
Eine Wasserstraße kreuzende Rohrleitungen und Kabel werden ebenfalls als Düker bezeichnet.
Durchlässe und Düker sind zum Schutz vor Erosion der Sohle und schleifenden Ankern mit einer ausreichenden Überdeckung zu verlegen. Dies gilt auch für große Unterführungsbauwerke. Diese können als Düker konzipiert sein oder auch der Unterführung von Straßen-, Fußweg- oder Gleiskörpern dienen. Damit der durchgehende Schiffsverkehr möglichst aufrecht erhalten werden kann, werden diese Bauwerke in einer nahen Baugrube außerhalb der Wasserstraße hergestellt und anschließend eingeschwommen oder in bergmännischer Bauweise errichtet.



16-29 Längsschnitt eines Dükers unter dem Mittellandkanal

16.10 Sicherheitstore

Sicherheitstore sollen im Falle eines Dammbruches verhindern, dass das Wasser im Bereich einer Kanalhaltung ausläuft. Sie werden daher am Anfang und Ende einer Dammstrecke, aber auch zu beiden Seiten von Kanalbrücken und vor dem oberwasserseitigen Zugang von Hebewerken angeordnet.
Jedes Sicherheitstor besitzt einen stählernen Verschlusskörper, der das Kanalprofil dicht abschließt. So kann der Kanal nur im Abschnitt zwischen zwei Sicherheitstoren leerlaufen. Dadurch werden die Schäden örtlich begrenzt und die damit einhergehenden Folgen für die Umwelt verringert.
Die Sicherheitstore sollen möglichst baugleich sein, um eine einfache und schnelle Bedienbarkeit zu gewährleisten. Die Tore bestehen in der Regel aus einem vertikal beweglichen Verschlusskörper als Hub- und Senktor in Kastenbauweise und einem festen Verbindungssteg zwischen zwei am Ufer stehenden Türmen, in denen die Antriebsanlagen und die Steuerungselektronik installiert sind. Im Gewässerbett ist eine Sohlschwelle vorhanden, auf die der Verschlusskörper abgesenkt wird.

16.11 Revisionsverschlüsse

Revisionsverschlüsse ermöglichen die Trockenlegung eines Wasserbauwerkes (z.B. Schleuse, Wehr) oder auch nur eines Bauelementes (z. B. Haupt, Umlauf) für Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten. Innerhalb der Revisionsverschlüsse wird das Wasser ausgepumpt und das Bauwerk trockengelegt.
Übliche Revisionsverschlüsse sind Dammbalken oder -tafeln und Nadeln. Für Umläufe werden insbesondere Gleitschütze verwendet. Dammbalken und -Tafeln als Stahl-/Holzkonstruktion, bei Bedarf auch mit der Möglichkeit zum Einschwimmen, werden in Nischen abgesenkt und ggf. mit Stützböcken gesichert. Nadelverschlüsse entsprechen denen der Nadelwehre.

16.12 Brücken

Brücken über Bundeswasserstraßen sind so zu gestalten, dass der Schiffsverkehr diese ungehindert passieren kann. Beim Bau neuer Brücken sind daher Grundsätze der WSV hinsichtlich der Durchfahrtshö-

hen, der Durchfahrtsbreiten sowie der Trassierung, Gestaltung und Ausrüstung der Brücken im Hinblick auf eine leichte und sichere Navigation mit Radar zu berücksichtigen.

Durchfahrtshöhen

Die lichten Brückendurchfahrtshöhen ermöglichen auf dem Rhein einen 4-lagigen Containerverkehr, auf der Donau und der Elbe einen 3-lagigen Containerverkehr und auf den Wasserstraßen der Klasse V einen 2-lagigen Containerverkehr:

- Rhein
  Oberhalb Straßburg 7,00 m über HSW, unterhalb Straßburg 9,10 m über HSW
- Donau
  8,00 m über HSW
- Elbe
  7,00 m über dem oberen Bemessungswasserstand (entspricht HSW)
- Sonstige Wasserstraßen der Klasse V
  6,00 m bzw. 5,25 m.

Durchfahrtsbreiten

In freifließenden Flüssen und staugeregelten Flussabschnitten ist als ausreichende Durchfahrtsbreite die Fahrrinnenbreite einschl. der notwendigen Kurvenverbreiterungen anzusehen.
Bei Brücken über künstliche Wasserstraßen sind Widerlager oder Pfeiler so anzuordnen, dass die Wasserspiegelbreite des Schifffahrtskanals uneingeschränkt erhalten bleibt.

Trassierung, Gestaltung und Ausrüstung von Brücken

Unter idealen Voraussetzungen werden Brücken im Radarbild ihrem tatsächlichen Verlauf entsprechend dargestellt. Je nach Konstruktion, Baumaterial und Umgebung der Brücke können jedoch Radarbildstörungen durch Mehrfachreflexionen auftreten, die die Radarnavigation erschweren oder sogar unmöglich machen.
Mehrfachreflexionen innerhalb einer Stahlbrückenkonstruktion führen zu Streufeldern, die als helle Zone im Radarbild hinter dem Echo der Brücke auftreten. Dadurch können die Echos von Schiffen verdeckt werden. An Stein- oder Betonbrücken treten keine nennenswerten Mehrfachreflexionen auf, da diese Materialien den größten Teil der Radarstrahlen absorbieren.
Eine radartechnisch günstige Konstruktion kann z. B. erreicht werden durch

- Schließen des Hohlraumes zwischen den Längsträgern
- Schrägstellen der Innenseiten der Längsträger
- Einbau schräggestellter Bleche
- Einbau von Radarabsorbern.

Kreuzen im Erfassungsbereich der Radaranlage zwei Brücken die Wasserstraße, so können Mehrfachreflexionen der Radarstrahlen zwischen den Brücken auftreten. Zwei Brücken sollen daher entweder möglichst ohne Lücke nebeneinander gebaut werden, damit im Radarbild nur ein Brückenecho entsteht, oder in einem solchen Abstand nebeneinander errichtet werden, dass zwischen den Brückenechos genügend Lücken bleiben, um Fahrzeuge zu erkennen, d. h. ein Mindestabstand von 150 m ist erforderlich.
Die Strompfeiler einer Brücke sind im Radarbild dann nicht erkennbar, wenn ihre Echos mit denen des Brückenüberbaus zusammenfallen. Zum Schutz der Radarschifffahrt müssen die Brückendurchfahrten in solchen Fällen mit Reflektoren markiert werden. Das kann durch das Anbringen von Auslegern mit Radarreflektoren in der Flucht der Brückenpfeiler geschehen. Die Reflektoren müssen einen Mindestabstand

von 12 m zur Außenkante der Brücke haben und dem Verlauf der Fahrrinne entsprechend ausgerichtet werden. Die zweite Möglichkeit besteht in dem Auslegen von Tonnen mit Radarreflektoren in der Flucht der Brückenpfeiler etwa 50 m oberhalb und unterhalb der Brücke.

16.13 Freileitungen

Freileitungen über eine Bundeswasserstraße bedürfen einer strom- und schifffahrtspolizeilichen Genehmigung, die die Anforderungen und Auflagen hinsichtlich der Ausführung und Überprüfung des ordnungsgemäßen Zustandes beinhaltet. Dazu gehören:

- die lichte Höhe der Leitungen über dem höchsten Schifffahrtswasserstand (HSW) und dem bei ungünstigsten Bedingungen niedrigsten Punkt der Leitungen.
- der Nachweis der Standsicherheit der das Kreuzungsfeld begrenzenden Masten. Dazu gehört auch der Nachweis der im gesetzlich festgelegten Überschwemmungsgebiet stehenden Masten gegen Eisstoß.
- die Kennzeichnung der Leitungen mit Radarreflektoren, wenn sich störende Radarechos nicht vermeiden lassen. Die radartechnische Bewertung wird von der Fachstelle für Verkehrstechniken in Koblenz vorgenommen.

Die aufgeführten Anforderungen werden unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Klassifizierungen der Wasserstraßen und der örtlichen Gegebenheiten vom jeweils zuständigen WSA festgelegt.
Die lichte Höhe von Freileitungen im Bereich des WSA Bingen beträgt z. B. bei Stromleitungen bis 245 kV 21 m und über 245 kV 22 m über dem HSW des Rheins.

16.14 Wasserkraftanlagen

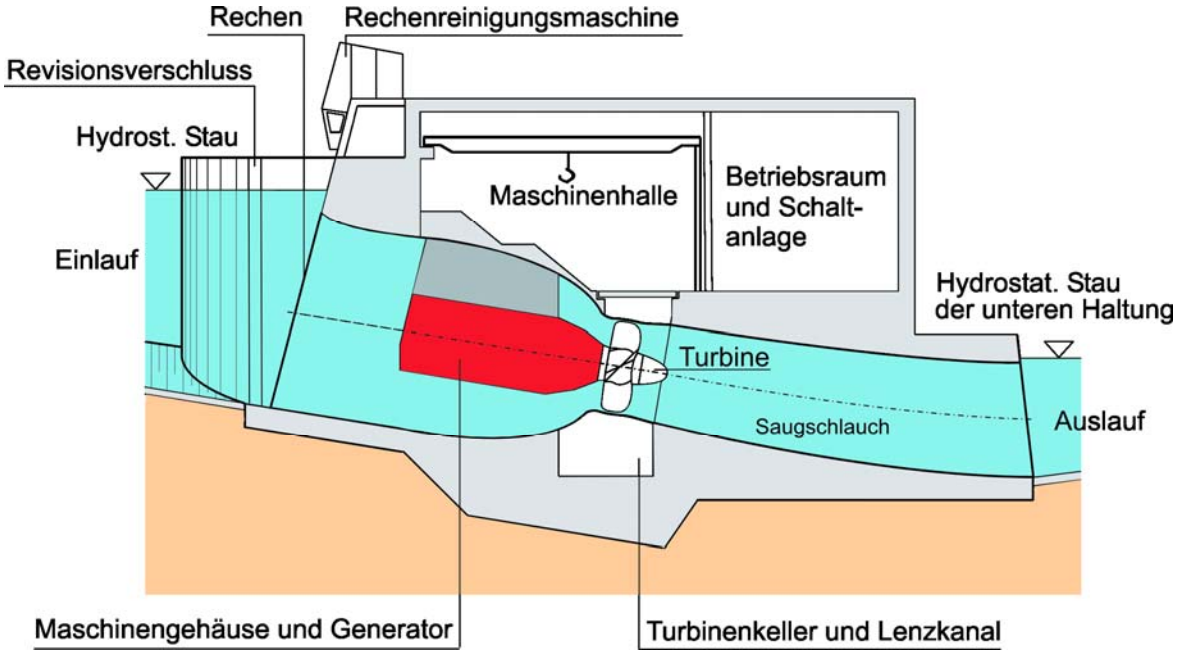
Wasserkraftanlagen nutzen die Energie des Wassers, die im Tidehub, in den Strömungen und Wellen des Meeres und in den Binnengewässern unter dem Einfluss der Schwerkraft vorhanden ist. Während Kraftwerke, die die Gezeiten, Strömungen, Wellen und das Salzwasser (Osmosekraftwerke) nutzen, in Deutschland bisher nicht gebaut worden sind, ist die Technik für den Bau von Fluss- und Speicherkraftwerken hoch entwickelt.
Maßgebend für die Leistung eines Kraftwerkes sind die Durchflussmenge des Wassers, die Nettofallhöhe und der Wirkungsgrad der Turbinen. Die Vorläufer der heutigen Wasserkraftwerke sind die Wasserräder, die die Bewegungsenergie des Wassers genutzt haben. Eine Weiterentwicklung des Wasserrades ist die Turbine, die die Lageenergie des Wassers nutzt. Dabei strömt Wasser über die Laufräder der Turbine, die ihrerseits einen Generator betreibt, der die Energie des Wassers in elektrische Energie umwandelt.
Unterschiedliche Tubinenkonstruktionen erlauben es, die jeweiligen Gegebenheiten optimal zur Energieerzeugung zu nutzen. Die heute verwendeten Turbinen sind neben der Freistrahl-Turbine vor allem Überdruckturbinen, deren Hauptteile das feststehende Leitrad und das sich um eine horizontale oder vertikale Welle drehende Laufrad sind:

- Pelton- oder Freistrahlturbine
  Bei dieser Turbine erzeugt ein aus Düsen auf das Laufrad gerichteter freier Wasserstrahl die Drehung des Rades. Sie wird bei sehr großen Fallhöhen und geringem Durchfluss eingesetzt.
- Francis-Turbine
  Die Francis-Turbine ist die am universellsten verwendbare Turbinenart. Sie erreicht die größten Leistungen. Sie ist für große Fallhöhen geeignet. Da sie auch als Pumpe verwendet werden kann, wird sie u. a. in Pumpspeicherkraftwerken als Pumptubine eingesetzt.
- Kaplan-Turbine

Die Kaplan-Turbine ist ein Schnellläufer für kleine Fallhöhen und große Durchflüsse. Das Laufrad wird axial durchströmt; die Schaufeln sind verstellbar, dadurch ist die Turbine bei großen Schwankungen von Fallhöhe und Durchfluss geeignet.

- Kaplan-Rohrturbine
  Die Kaplan-Rohrturbine ist in die Strömungsrichtung des Flusses gedreht. Dadurch werden Umlenkverluste vermieden. Diese Turbine wurde für niedrige Fallhöhen entwickelt (Bild 16-30).
- Straflo-Turbine
  Die Straflo-Turbine ist eine Weiterentwicklung der Rohrturbine (engl. „straight flow“ = „geradeaus fließen“). Turbine und Generator bilden eine Einheit. Der Generator liegt in der Ebene des Laufrades, aber außerhalb des durchströmten Rohres. Die Lagerung befindet sich beiderseits des Laufrades. Das Wasser fließt also durch das Rohr des Generators hindurch.

Nach der Betriebsweise der Kraftwerke werden Laufwasser- und Speicherwasserkraftwerke unterschieden.
Laufwasserkraftwerke werden in Staustufen verwendet; sie nutzen die regelmäßige Wasserführung. Sie werden kontinuierlich betrieben und liefern die Energie in das Versorgungsnetz zur Deckung der Grundlast.
Speicherwasserkraftwerke benötigen einen hochgelegenen Speicher, aus dem das Wasser über Druckrohrleitungen oder -stollen in die Turbinen des tiefer gelegenen Kraftwerks geleitet wird. Diese Kraftwerke dienen nicht der Dauerversorgung, sondern der Abdeckung des Spitzenverbrauchs. Zu diesen Kraftwerken gehören die Kraftwerke der Talsperren.
Bei Pumpspeicherkraftwerken wird das Wasser aus tiefer gelegenen Gewässern unter Ausnutzung von Niedertarifzeiten in das Becken hochgepumpt und gespeichert, um das Wasser bei Spitzenlast zum Betrieb der Turbinen zu verwenden.



16-30 Querschnitt eines Kraftwerkes mit Kaplan-Rohrturbine

17 Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken, Pumpspeicherbecken, Sedimentationsbecken

17.1 Talsperren

Talsperren sind feste Stauanlagen, die über den Querschnitt eines Wasserlaufs hinaus den ganzen Talquerschnitt absperren und einen Stauraum erzeugen, der als Wasserspeicher verwendet wird. Talsperren bestehen in der Regel aus der Hauptsperre mit dem Speicherbecken und ggf. Vorsperren (zum Zurückhalten des Geschiebes) mit Staubecken. Durch das Speichern und die gezielte Abgabe des Wassers können folgende Aufgaben wahrgenommen werden:

- Hochwasserschutz durch Aufspeicherung des Hochwassers
- Trink- und Nutzwasserversorgung
- Gewinnung elektrischer Energie durch Wasserkraft, Stromerzeugung für Spitzenbelastungszeiten
- Abgabe von Zuschusswasser an Wasserläufe in Zeiten geringer Wasserführung zur Niedrigwassererhöhung
- Grundwasseranreicherung und Bewässerung für die Landwirtschaft
- Speisung von Schifffahrtskanälen
- Freizeitnutzung
- Naturschutz.

Die beiden einzigen Talsperren der WSV, die Eder- und die Diemeltalsperre, waren als Speicherbecken für den Mittellandkanal gebaut worden. Die Talsperren glichen in Zeiten niedriger Wasserführung der Weser das in Minden aus der Weser entnommene Speisungswasser für den Mittellandkanal aus. Das dabei von den Talsperren bis Minden fließende Wasser verbesserte die bei Niedrigwasser sehr schlechten Fahrwasserverhältnisse der Oberweser.
Seit Ende 1960 die Stauregelung der Mittelweser abgeschlossen wurde, ist ein ständiger und gleichmäßiger Ersatz für das entnommene Speisungswasser nicht mehr nötig. Heute dienen die beiden Talsperren insbesondere dem Hochwasserschutz, indem sie die Hochwässer im Stauraum auffangen und speichern.

Talsperren bestehen aus dem Staukörper, den Betriebseinrichtungen,dem Speicherbecken (Hauptsperre), ggf. zusätzlichen Vorsperren und dem Kraftwerk.
Der Staukörper wird entweder als Staudamm oder als Staumauer errichtet.

Staudämme

Staudämme sind schon vor mehr als 2000 Jahren gebaut worden und somit die älteste Möglichkeit, eine Stauanlage zu bauen.
Staudämme werden als Steinschüttdamm oder als Erddamm errichtet. Gegenüber den Staumauern besteht ihr Vorteil darin, dass der Untergrund geringer belastet wird, die Erdbebensicherheit höher ist und meist vorhandene Materialien verwendet werden können.
Nach der Lage der Dichtung gibt es Dämme mit einer

- Kerndichtung
- geneigten Innendichtung
- Außenhautdichtung.

Staumauern

Staumauern wurden in der Vergangenheit aus Bruchsteinmauerwerk hergestellt, heute wird in der Regel Beton verwendet. Nach der Gestaltung der Mauer wird unterschieden:

- Gewichtsstaumauern

Diese Mauern haben einen Dreieckquerschnitt. Sie übertragen den Wasserdruck durch ihr Gewicht auf den Baugrund. Ihr Unterhaltungsaufwand ist von allen Staumauertypen am geringsten.

- Bogenstaumauern
  Diese Mauern übertragen den Wasserdruck nur über die Gewölbewirkung in die Talwände. Sie werden bei großer Höhe, engen Tälern und stabilen Talwänden verwendet.
- Bogengewichtsstaumauern
  Diese Mauern übertragen den Wasserdruck durch das Gewicht in den Baugrund und durch Gewölbewirkung in die Talwände. Sie sind eine Kombination aus Bogenstaumauer und Gewichtsstaumauer.
- Pfeilerstaumauer
  Der Wasserdruck wird über Zwischengewölbe auf Pfeiler und von dort auf den Untergrund übertragen.

Vorsperren

Vorsperren sollen Geröll, Geschwemmsel und Verschmutzungen aus dem Hauptbecken fernhalten und das Wasser vorreinigen. Sie liegen vorzugsweise im Stauwurzelbereich der Talsperre, also dort, wo ein Gewässer in den Stausee mündet. Vorsperren verlanden relativ schnell und müssen regelmäßig ausgebaggert werden.

Betriebseinichtungen

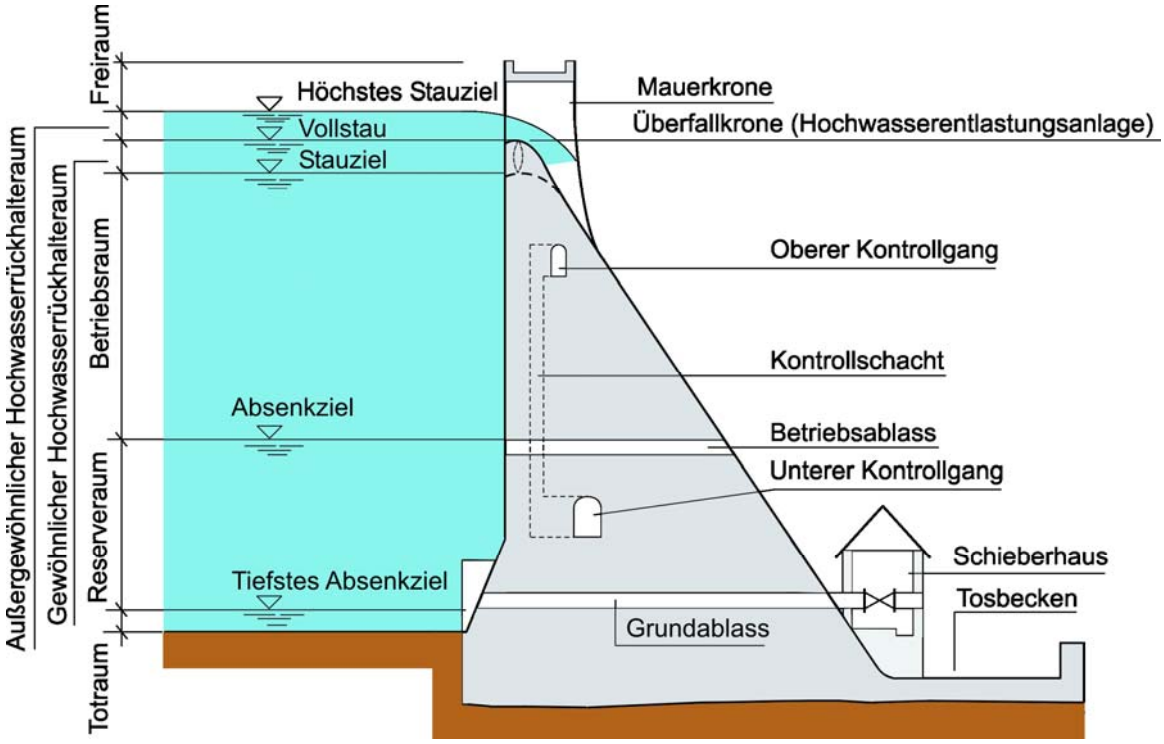
Talsperren verfügen über folgende Betriebseinrichtungen:

- Hochwasserentlastungsanlagen
  Überfälle, Heber, Zwischenauslässe, überströmbare Bereiche, Notentlastungen
- Entnahmeanlagen
  Betriebsauslässe, Grundablässe
- Energieumwandlungsanlagen
  Tosbecken, Toskammern,Kaskaden, Kolkseen
- Messeinrichtungen für Wasserstände und Durchflüsse
  Pegel, Messstellen für den Zufluss und den Abfluss
- Elektrische Anlagen
  Stromversorgung, Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen, Fernwirk- und Fernmeldeanlagen
- Mess- und Kontrolleinrichtungen zur Bauwerksüberwachung
  Prüfung der Dichtigkeit und Standsicherheit, Messung der Setzungen und Verschiebungen in horizontaler Richtung, Druckmessungen im Damminnern, Messung der Sickerwassermengen, bei Staumauern außerdem Messung von Dehnungen, Temperatur, Wassergehalt und Porenwasserdruck im Talsperreninnern, bei Gewichts- und Bogengewichtsmauern Messung des Sohlenwasserdruckes.

Bewirtschaftung der Talsperren (Bild 17-1)

Die Bewirtschaftung einer Talsperre erfordert, die oft einander widersprechenden Aufgaben miteinander zu vereinen. Während der Hochwasserschutz bei einem niedrigen Wasserstand am größten ist, erfordert die Energiegewinnung einen möglichst hohen Wasserstand.

Als Betriebsraum, der dem Hauptzweck der Talsperre dient, steht der Nutzraum zwischen dem Stauziel und dem Absenkziel zur Verfügung. Der Reserveraum unterhalb des Absenkzieles bis zum tiefsten Absenkziel stellt eine Reserve für außergewöhnliche Betriebszustände dar. Unterhalb des tiefsten Absenkzieles befindet sich der Totraum. Dieser Raum kann nicht in freiem Gefälle entleert werden.



17-1 Speicherräume und Stauziele einer Talsperre

17.2 Hochwasserrückhaltebecken

Hochwasserrückhaltebecken sind Stauanlagen zum vorübergehenden Rückhalt von Hochwasser in Gewässern und Trockentälern, um Schäden infolge von Hochwasserabflüssen zu reduzieren. Indem sie im Allgemeinen den Querschnitt eines Wasserlaufes über den ganzen Talquerschnitt absperren, entsprechen sie als Bauwerk einer Talsperre. Hochwasserrückhaltebecken unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Aufgaben, ihrer Betriebsweise und ihrer Abmessungen deutlich von Talsperren.

Unterschieden werden Hochwasserrückhaltebecken in solche im Hauptschluss, die unmittelbar vom Gewässer durchflossen werden, und solche im Nebenschluss, die seitlich neben dem Gewässer angeordnet sind und über Zuleitungskanäle o. ä. gefüllt werden.

Der Betrieb der Hochwasserrückhaltebecken unterscheidet ungesteuert und gesteuert betriebene Becken. Außerdem werden unterschieden Hochwasserrückhaltebecken mit Dauerstau und solche ohne Dauerstau (Trockenbecken). Im Dauerstauraum wird Wasser zu anderen Zwecken als zum Hochwasserschutz ständig oder zeitweise zurückgehalten (Dauerstauziel).

Die Absperrbauwerke werden in der Regel als Staudämme mit Innendichtungen ausgeführt. In Ausnahmefällen kann auch eine Staumauer errichtet werden.

Die Betriebseinrichtungen entsprechen im Wesentlichen denen einer Talsperre.

17.3 Pumpspeicherbecken

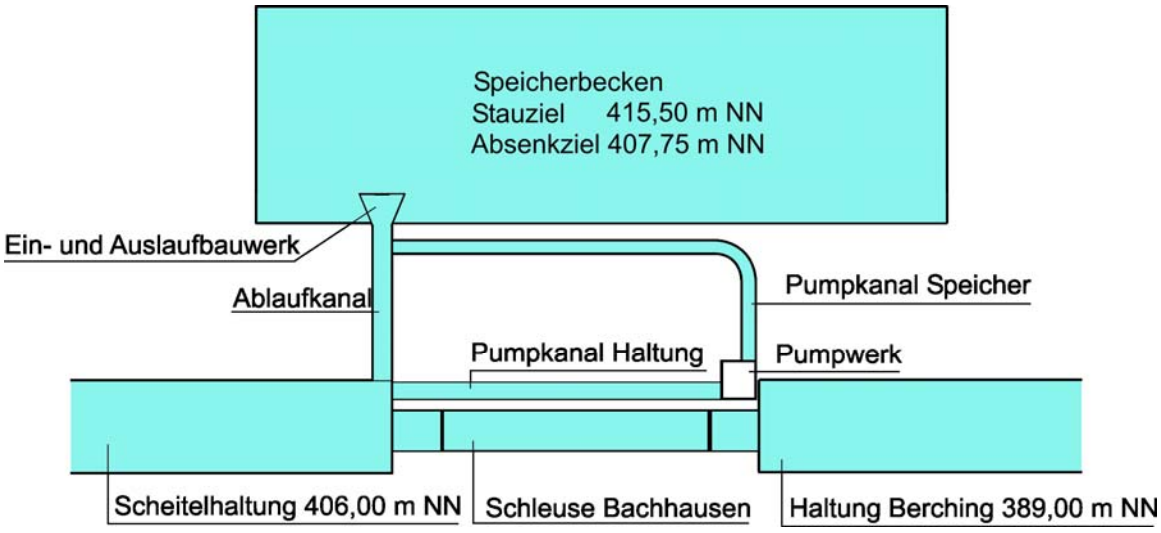
Pumpspeicherbecken sind Stauanlagen, die ganz oder teilweise der Bereitstellung von Wasser für Pumpspeicherkraftwerke dienen. Sie werden eingeteilt nach

- den Zuflüssen
  ohne/mit natürlichem Zufluss
- der Lage im natürlichen Gewässersystem
  ohne natürliche Verbindung zu fließenden Gewässern, in fließenden Gewässern mit Aufstau durch Talsperren oder Staustufen, als natürliche Seen

- der Lage der Speicherbecken
  Oberbecken zur Zwischenspeicherung nach dem Pumpen, Unterbecken zur Zwischenspeicherung nach dem Turbinenbetrieb
- der Betriebsweise und der Lage der Speicherbecken zueinander
  Oberbecken, die aus dem Unterbecken gefüllt und im Turbinenbetrieb geleert werden, Unterbecken, deren Betriebsweise durch den Pumpspeicherbetrieb bestimmt wird, Zwischenbecken, die sowohl Oberbecken- als auch Unterbeckenfunktion erfüllen können
- der Ausgleichsperiode
  Tages-, Wochen-, Saison- oder Jahresspeicher.

Absperrbauwerke werden als Talsperren und Staustufen oder auch ringförmige Bauwerke auf Bergkuppen oder Hochebenen ausgeführt. Sie müssen für häufige schnell wechselnde Wasserstände dauerhaft geeignet sein.

Kanäle haben durch die Schleusungen einen hohen Wasserverbrauch und Wasserverluste, die durch Undichtigkeit der Tore und Schütze, Versickerung sowie Verdunstung an der Wasseroberfläche entstehen. Der Wasserverbrauch der Schleusen hängt von der Intensität der Schifffahrt ab und ist unregelmäßig. Da der Wasserbedarf nur zu einem geringen Teil durch Nebenflüsse gedeckt werden kann, muss das Schleusenbetriebswasser zurückgepumpt werden.
In der Scheitelhaltung tritt zwangsläufig der größte Wasserverbrauch auf. Dieser kann durch Wasser aus Speicherbecken gedeckt werden, das unter Ausnutzung von Niedertarifzeiten in der Nacht und am Wochenende mit Pumpwasser gefüllt wird.
Die Pumpspeicheranlage Dürrloh (Bild 17-2) hält die erforderliche Speicherkapazität für die Scheitelhaltung des Main-Donau-Kanals vor. Durch den Speicher kann eine Wassermenge für 16 Schleusungen pro Tag bereitgestellt werden.



17-2 Draufsicht des Dürrlohspeichers am Main-Donau-Kanal (Schematische Darstellung)

17.4 Sedimentationsbecken

Sedimentationsbecken dienen dem Rückhalt absetzbarer Schwebstoffe nach der Ablagerung der betreffenden Sedimente. Dabei handelt es sich um Rückstände, die im Zusammenhang mit der Gewinnung von Rohstoffen oder bei anderen technischen Prozessen anfallen.
Sedimentationsbecken werden in der Regel für eine begrenzte Nutzungsdauer geplant. Sie können unterschieden werden als Sedimentationsbecken im Tal, am Hang oder in ebenem Gelände mit einem Ringdamm.
Geeignete Sedimente können als Baustoff für das Absperrbauwerk verwendet werden. In diesem Fall lassen sich Absperrbauwerk und Stauraum nicht eindeutig gegeneinander abgrenzen.
Die Betriebseinrichtungen entsprechen im Wesentlichen denen einer Talsperre.
Die Stilllegung eines Sedimentationsbeckens bedarf einer Fachplanung, die die verbleibenden Bauwerke, Verwahrungs- und Rückbaumaßnahmen berücksichtigt.

18 Pflege und Entwicklung von Gewässern

18.1 Grundlagen

Seit Generationen hat der Mensch die Gewässer gestaltet, um seine Lebensbedingungen zu verbessern. Dabei sind unzählige natürliche Gewässer verschmutzt, trockengelegt, begradigt, verlegt, verbaut und eingetieft worden. Dadurch können diese Gewässer wichtige Funktionen im Naturhaushalt nicht mehr erfüllen, das ökologische Gleichgewicht wurde zerstört.
Das Wasserhaushaltsgesetz, die Europäische Wasserrahmenrichtlinie und vor allem das Bundesnaturschutzgesetz fordern eine naturnahe Entwicklung der Gewässer. Durch Gewässerpflege wird die biologische Wirksamkeit des Gewässers erhalten. Die natürlichen Vorgänge werden gestärkt und damit wird auch die Gewässergüte verbessert. Kennzeichen naturnaher Gewässer sind

- unregelmäßige Uferlinien
- Auflandungs- und Eintiefungsbereiche
- strukturreiche Gewässersohle
- abwechselnde Steil- und Flachufer
- standortheimische Ufervegetation
- hoher Wasserrückhalt
- hohe Grundwasserneubildung
- sauerstoffreiches Wasser
- hohe biologische Wirksamkeit
- Feuchtwiesen, Auwald, Altarme und Altwässer.

18.2 Begriffe

- Gewässergüte (Wasserqualität)
  Die Gewässergüte von Fließgewässern wird in 7 Gewässergüteklassen (4 Hauptgüteklassen und 3 Zwischenstufen) eingestuft. Grundlage für die Klassifizierung sind biologische Merkmale nach dem Saprobiensystem. Diese Methode beschreibt die Belastung mit biologisch leicht abbaubaren organischen Substanzen. (Saprobie = Intensität des biologischen Abbaus).
  Stehende Gewässer bestehen im Gegensatz zu fließenden Gewässern aus unterschiedlichen Wasserschichten. Sie werden deshalb nach dem Grad ihrer Trophierung, der Intensität der Produktion von Nährstoffen beurteilt. Die Gewässergüte wird in 4 Trophiestufen eingeteilt.

Die Gewässergüte zeigt den Belastungszustand eines Gewässers. Sie ist ein Maß für die Qualität des Wassers.

- Gewässerstrukturgüte
  Die Gewässerstrukturgüte beschreibt den ökologisch-morphologischen Zustand eines Gewässers mit seinen Ufern und Auen. Sie ist in eine Skala mit 7 Gewässerstrukturgüteklassen eingestuft. Bewertungsmaßstab ist ein naturnaher Zustand.
- Auen
  Auen sind die vom wechselnden Hoch- und Niedrigwasser geprägten Niederungen entlang von Bächen und Flüssen.
- Gewässerbett
  Das Gewässerbett ist der Teil des Gewässers, der den Wasserkörper umfasst. Er besteht aus der Gewässersohle und dem Ufer bis zur Böschungsoberkante.
- Gewässermorphologie
  Unter der Gewässermorphologie sind die Ausformung, Gestalt und Struktur des Gewässers zu verstehen (Linienführung, Querschnittsform, Struktur und Gestein der Sohle, die uferbegleitende Vegetation, das Uferböschungssubstrat).
- Fließgewässerlandschaft
  Fließgewässer und Auen mit ganz spezifischen, regionaltypischen Erscheinungsformen (Geologie, Klima, Vegetation) können zu einer Gewässerlandschaft zusammengefasst werden.
- Gewässernachbarschaft
  Eine Gewässernachbarschaft ist ein fachlich betreuter Informations- und Erfahrungsaustausch der Kommunen, der eine ökologische und wirtschaftliche Pflege und Unterhaltung von kleinen Flüssen und Bächen fördert.
- Bachpaten
  Eine Bachpatenschaft ist eine gemeinnützige und ehrenamtliche Tätigkeit im Rahmen der Gewässerunterhaltung. Bachpaten unterstützen den Unterhaltungspflichtigen bei seiner Aufgabe.
- Ökologie
  Ökologie ist die Wissenschaft von den Beziehungen der Lebewesen untereinander und mit ihrer belebten und unbelebten Umwelt.
- Biotop
  Ein Biotop ist der Lebensraum einer Biozönose. Es ist eine räumlich abgrenzbare kleine Einheit eines Ökosystems und die kleinste räumliche Einheit in der Landschaftsökologie. Ein sehr kleines Biotop kann z. B. ein absterbender Baum sein.
- Biozönose
  Die Biozönose ist eine Lebensgemeinschaft verschiedenartiger Pflanzen und Tiere in einem Biotop, die durch gegenseitige Abhängigkeit und Beeinflussung bedingt ist.
- Ökosystem
  Ein Ökosystem ist eine funktionelle Einheit aus Biozönose und Biotop.
- Habitat
  Das Habitat ist der Lebensraum, der charakteristische Standort, den eine Pflanzen- oder Tierart besiedelt.
- Flora
  Die Flora bezeichnet die Gesamtheit der Pflanzenarten in einem Gebiet.
- Fauna
  Die Fauna bezeichnet die Gesamtheit der Tierarten in einem Gebiet.

- Vegetation
  Die Vegetation ist die Gesamtheit der Pflanzengesellschaften, die in einem Gebiet wachsen.
- Vorbild- oder Referenzgewässer, Leitbild
  Gewässer mit sehr gutem ökologischen Zustand dienen als Vorbild- oder Referenzgewässer und somit als Leitbild.
- Lineare Durchgängigkeit
  Lineare Durchgängigkeit bedeutet, dass z. B. Wanderfische nicht durch Querbauwerke wie Wehre oder Sohlabstürze am Aufsteigen gehindert werden.
- Totholz
  Unter Totholz versteht man abgestorbene Bäume oder Äste. Vor allem in kleinen Fließgewässern hat Totholz eine strukturierende Wirkung. Je nach Lage des Totholzes – horizontal oder vertikal – ergibt sich ein Strömungshindernis, das die Strömung mehr oder weniger beeinflusst. Darüber hinaus hält Totholz organisches Material zurück, Totholz selbst wird durch Pilze und Bakterien abgebaut. Es ist Nahrungsgrundlage und wichtiger Lebensraum für viel Tierarten. Totholz wird außerdem als Baustoff zur Herstellung von Ufersicherungen und Strömungslenkern verwendet.
- Störsteine
  Störsteine sollen die Strömung ablenken und die Sohle so verändern, dass Stillwasserbereiche für Fische und andere Organismen entstehen.
- Neophyten
  Neophyten sind Pflanzen, die nach 1492, dem Jahr der Entdeckung Amerikas, in Mitteleuropa eingeführt wurden, wo sie natürlicherweise nicht vorkamen. Nach 1492 setzte ein starker Zustrom neuer Arten in Europa ein. Die vorher eingewanderten Pflanzenarten werden als Alteinwanderer, als Archeophyten, die danach eingewanderten als Neuankömmlinge, als Neophyten bezeichnet. Die meisten Neophyten haben sich in bestehende Pflanzengemeinschaften angepasst. Es gibt jedoch Neophyten, die die bodenständige Pflanzenwelt durch ihre Größe und Vielzahl verdrängen. Diese Pflanzen werden als invasive Neophyten bezeichnet. Dazu gehören z. B. Staudenknöterich, indisches Springkraut, Riesen-Bärenklau, Topinambur und als Gehölze Gewöhnliche Robinie, Douglasie, Roteiche.

18.3 Die Bedeutung naturnaher Gewässer

Naturnahe Gewässer haben folgende Bedeutung/Funktionen:

- Das Gewässer bietet eine natürliche Retention und ist an die Hochwasserabflüsse angepasst.
- Das Gewässerbett bildet die Grundlage als Habitat für die typischen Biozönosen.
- Das Gewässerbett bietet eine große Oberfläche für Aufwuchsorganismen und wird gut mit Sauerstoff versorgt.
- Das Gewässer erodiert nur in natürlichem Umfang.
- Die Gewässerlandschaft ist vielfältig und abwechslungsreich.
- Naturnahe Gewässer sind ein wichtiger Bestandteil des Landschaftswasserhaushalts.

18.4 Gewässerentwicklungsplan

Die Gewässerentwicklung umfasst alle Maßnahmen, die die wasserwirtschaftliche und ökologische Funktionsfähigkeit der Fließgewässer und der Aue erhalten oder nachhaltig verbessern. Ausgebaute Gewässer sind in einen naturnahen Zustand zurückzuführen oder so umzugestalten, dass dieser Zustand durch eine eigendynamische Entwicklung der Gewässerstrecken erreicht wird. Die dazu erforderlichen Maßnahmen werden im Gewässerentwicklungsplan dargestellt. Dieser Plan kann durch Unterhaltungs- und Pflegepläne, Ausbaupläne und Bepflanzungspläne ergänzt werden.

Gewässerentwicklungspläne werden nach den Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes und der Landeswassergesetze von den Ländern bzw. Kommunen erstellt.
Der Gewässerentwicklungsplan enthält Aussagen über

- den Ist-Zustand des Gewässers
  Diese Aussagen beinhalten Daten zur Gewässerkunde, Gewässerstrukturgüte, Gewässerbeschaffenheit und zu Nutzungen sowie schützenswerten Biotopen.
- das Leitbild des Gewässers
  Das Vorbildgewässer stellt den Maßstab für die Bewertung des Ist-Zustandes dar.
- die künftigen Nutzungsansprüche
- das Entwicklungsziel
  Das Entwicklungsziel beschreibt den angestrebten Zustand eines Gewässers und seiner Aue unter den gegebenen Rahmenbedingungen.
- die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung des Zieles.

18.5 Maßnahmen zur naturnahen Gewässerentwicklung

Gewässerentwicklung hat die selbsttätige Entwicklung des Gewässers zum Ziel. Dabei wird die eigendynamische Entwicklung gefördert und unterstützt. Dieses Ziel kann erreicht werden durch

- naturnahe Unterhaltungsmaßnahmen, die einen natürlichen oder naturnahen Gewässerabschnitt erhalten oder mit Anfangsmaßnahmen (z. B. Entfernen von Ufereinfassungen aus toten Baustoffen) die Entwicklung von naturnahen Gewässerabschnitten beschleunigen.
- Ausbaumaßnahmen, die den Ausgangszustand für eine naturnahe Entwicklung herstellen.

Unterhaltungsmaßnahmen

Zu den Pflege- und Unterhaltungsmaßnahmen gehören:

- Erhalten von Altwassern, Altarmen und Flussschlingen
- Belassen von Uferabbrüchen und Kolken sowie Anlandungen
- Ersatz von Abstürzen durch Sohlgleiten oder Sohlrampen
- Entschlammen und Räumen von Anlandungen nur im notwendigen Umfang
- Durchführen von Krautungen im notwendigen Umfang
- Belassen bzw. Einbau von Totholz, Stubben und Störsteinen im Gewässer
- Entfernen von Ufereinfassungen aus toten Baustoffen, ggf. Ersatz durch Lebendbau
- Aufbau und Pflege der standortheimischen Ufervegetation
- Belassen von Röhrichten und Hochstaudenfluren
- Bepflanzen von Böschungen mit Gehölzen
- Mähen von Böschungen maximal zweimal jährlich mit Entfernen des Schnittgutes.

Ausbaumaßnahmen

Bei Ausbaumaßnahmen ist zu beachten, dass

- ausreichend große Entwicklungsflächen an den Ufern zur Verfügung stehen
- die Linienführung dem gewässertypischen Verlauf möglichst nahe kommt
- die Fließstrecke nicht verkürzt wird
- Altwasser und Altarme erhalten werden
- Überflutungsräume erhalten bleiben oder neu angelegt werden
- die Durchgängigkeit gewährleistet ist
- bei erforderlichen Ufersicherungen lebende Baustoffe eingesetzt werden.

18.6 Naturnaher Neubau und Ausbau und naturnahe Unterhaltung von Bundeswasserstraßen

18.6.1 Rechtliche Grundlagen

Wasserbaumaßnahmen in einem Fließgewässer, das als Wasserstraße ausgebaut ist, führen zwangsläufig zu Beeinträchtigungen der biologischen und ökologischen Verhältnisse im Gewässer. Es ist daher Aufgabe des Wasserbaus und der Wasserwirtschaft, durch ökologisch orientierte Maßnahmen, also durch naturnahen Ausbau und naturnahe Unterhaltung die Auswirkungen zu minimieren.
Die WSV ist gesetzlich verpflichtet, bei ihren Bauvorhaben den natürlichen Ausgangszustand möglichst wenig zu verändern bzw. die vorgeschriebenen Kompensationsmaßnehmen durchzuführen.
Gemäß Art. 89 Abs. 3 GG sind „bei der Verwaltung, dem Ausbau und dem Neubau von Wasserstraßen die Bedürfnisse der Landeskultur und der Wasserwirtschaft im Einvernehmen mit den Ländern zu wahren." Im Bundeswasserstraßengesetz ist in § 12, Abs. 7 festgelegt: „Beim Ausbau oder dem Neubau einer Wasserstraße sind die Linienführung und Bauweise, Bild und Erholungseignung der Gewässerlandschaft sowie die Erhaltung und Verbesserung des Selbstreinigungsvermögens des Gewässers zu beachten. Die natürlichen Lebensgrundlagen sind zu bewahren."
Die Unterhaltung der Bundeswasserstraßen obliegt der WSV als Eigentümer. Diese erstreckte sich bisher auf die verkehrliche Unterhaltung. Die wasserwirtschaftliche Unterhaltung war bisher keine Bundesaufgabe. Mit dem „Gesetz zur Neuregelung des Wasserrechts" (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31.07.2009, das am 01.03.2010 in Kraft getreten ist, ist nach § 40 Abs. 2 Satz 1 – vorbehaltlich des Landesrechts – die WSV als Eigentümer auch für die wasserwirtschaftliche Unterhaltung zuständig. Zu dieser neuen Aufgabe gehört nach § 39 Abs. 1 Satz 1 WHG auch die „Pflege und Entwicklung" des Gewässers.
Außerdem ist mit Inkrafttreten des neuen Wasserhaushaltsgesetzes die WSV nach § 34 Abs. 3 verpflichtet, bei Stauanlagen an Bundeswasserstraßen die ökologische Durchgängigkeit zu erhalten oder wieder herzustellen, falls diese von ihr errichtet oder betrieben werden (an Bundeswasserstaßen befinden sich 337 Stauanlagen).

18.6.2 Neu- und Ausbaumaßnahmen

Für Wasserstraßenneubauten bestehen Planungen nur noch in geringem Umfang.
Die Ausbaumaßnahmen der Wasserstraßen, die aus der Wiedervereinigung resultieren, werden noch einige Jahre in Anspruch nehmen. Darüber hinaus erfordern die größer werdenden Schiffseinheiten und die zukünftigen Containerverkehre eine entsprechende Anpassung der Wasserstraßen durch Ausbaumaßnahmen. Diese Maßnahmen berücksichtigen – wie auch die Unterhaltungsmaßnahmen – ökologische Anforderungen. Sollten diese Baumaßnahmen erhebliche oder nachhaltige Eingriffe in die Natur und Umwelt darstellen, werden diese durch Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen kompensiert.

Beispiele für Ausbaumaßnahmen an einem staugeregelten Fluss sind:

- Vertiefen und Verbreitern der Fahrrinne
- Ausbau der Schleusenvorhäfen
- Bau von Liegeplätzen in Schleusennähe.

Beispiele für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen aufgrund der genannten Ausbaumaßnahmen:

- Uferstrukturierungen

Naturnahe Gestaltung des Uferbereichs einschl. Schaffung von Flachwasserzonen sowie zusätzlichen, den natürlichen Gewässeraltarmen nachempfundenen Wasserflächen

- Gewässerstrukturierungen
  Bau von aus Wasserbausteinen geschütteten Längswällen, deren Krone bis maximal 0,50 m über den Mittelwasserstand reicht, zum Schutz der dahinter liegenden Wasserbereiche vor Wellenschlag
- Naturnahe Umgestaltung von Seitenbächen
- Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung im Uferbereich
- Bau eines Nebengerinnes (Flutgraben) zur Kompensierung eines eingeengten Abflussquerschnittes.

18.6.3 Unterhaltungsmaßnahmen

In der Vergangenheit wurden bei der Unterhaltung der Bundeswasserstraßen immer schon neben rein technischen auch ökologische Gesichtspunkte berücksichtigt. Dies kam z. B. bei Ufersicherungsmaßnahmen in Lebendbauweise zum Ausdruck. Während jedoch früher eine Wasserstraße überwiegend als Verkehrsweg betrachtet wurde, wird heute der Funktion als Lebensraum für Pflanzen und Tiere mehr Beachtung geschenkt.
Damit die zuständigen Dienststellen den heutigen Anforderungen gerecht werden, werden Unterhaltungspläne erarbeitet. Diese Pläne sind für die Elbe, den Main, die Oder und für die Unterweser bereits aufgestellt worden.

Ein Unterhaltungsplan

- lässt ökologisch wertvolle Uferabschnitte und Biotopstrukturen bei der Unterhaltung besser erkennen und berücksichtigen
- zeigt alternative Unterhaltungsmaßnahmen auf
- behandelt die Entwicklung und Unterhaltung von Kompensationsflächen im Sinne eines Planfeststellungsbeschlusses
- erleichtert die Benehmensherstellung mit den örtlichen Naturschutzbehörden
- erhöht die Akzeptanz einzelner Unterhaltungsmaßnahmen in der Öffentlichkeit.

Der Inhalt eines Unterhaltungsplanes ist in der Regel folgendermaßen aufgebaut:

1. Anlass und Ziel
2. Rechtsgrundlagen und sonstige Vorgaben für die Bearbeitung des Unterhaltungsplanes
3. Geltungsbereich und Geltungsdauer
4. Schifffahrtsbezogene Forderungen an die Unterhaltung
5. Ökologische Situationsbeschreibung
6. Zielkonzeption
7. Allgemeine Unterhaltungsanweisungen
8. Spezielle Unterhaltungsanweisungen
9. Zeichnungen und Planunterlagen

Bestandsplan

Zum Bestandsplan gehören eine Beschreibung der aktuellen Ausbausituation, die Darstellung und Erläuterung von vorhandenen Ufersicherungen, Regelungsbauwerken, Betriebswegen, Häfen u. ä. Der Naturhaushalt und das Landschaftsbild werden dargestellt, indem die Vegetation, die Flächennutzung, repräsentative Tiergruppen, die Schutzgebiete, die Geländestruktur und das Landschaftsbild erfasst werden.

Außerdem werden die schifffahrtstechnischen Anforderungen an den jeweiligen Wasserstraßenabschnitt wiedergegeben.
Die Daten sollten nicht älter als fünf Jahre sein. Der Kartierzeitraum erstreckt sich prinzipiell auf eine Vegetationsperiode.

Einschätzung des Ist-Zustandes
Anschließend erfolgt eine Einschätzung des ökologischen Ist-Zustandes, um die besonders wertvollen und sensiblen Bereiche im Bearbeitungsgebiet aufzeigen zu können.

Zielkonzeption
Die Zielkonzeption gibt die Leitlinie der Entwicklung der WSV-eigenen Flächen und damit den Orientierungsrahmen für die Unterhaltung in den nächsten Jahren vor. Sie wird unter Berücksichtigung der im WaStrG formulierten Vorgaben sowie auf der Grundlage der ermittelten Daten, der heutigen und zukünftigen Arbeiten, Aufgaben und Planungen der WSV ermittelt. Die Zielkonzeption enthält auch Aussagen zu langfristig und nachhaltig zu schützenden und zu sichernden ökologisch wertvollen Uferabschnitten. Aufgenommen wird auch die in ökologisch verarmten Bereichen zu fördende Entstehung naturnaher Strukturen. Außerdem sind Hinweise zu potenziellen Kompensationsmaßnahmen aufzunehmen.
Liegt ein aktuell planfestgestellter landschaftspflegerischer Begleitplan vor, so werden diese Entwicklungsziele lediglich übernommen.

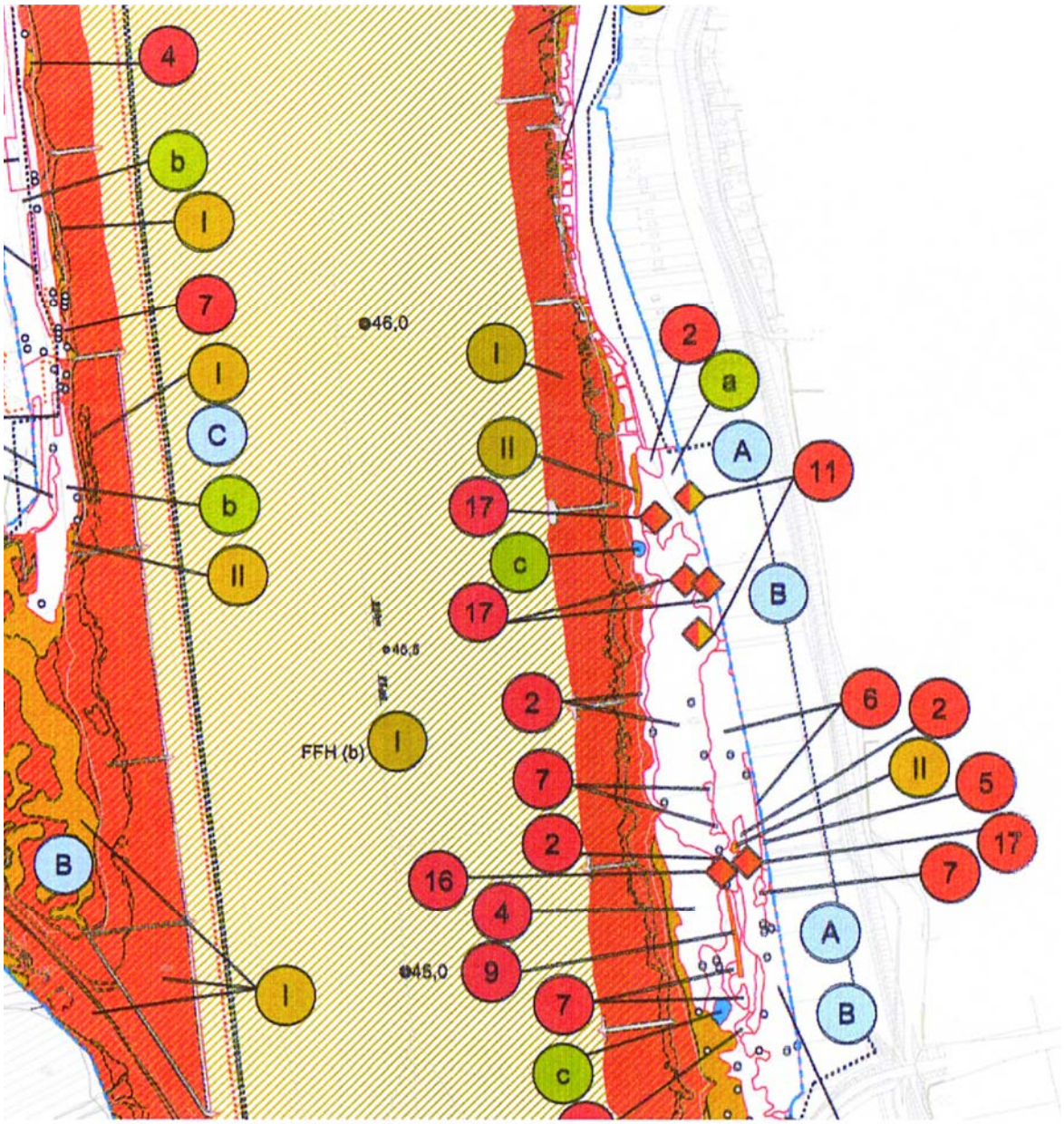
Unterhaltungsanweisungen
Die Zielkonzeption dient als Grundlage für die zu entwickelnden Unterhaltungsanweisungen. Hierbei wird in „allgemeine“ und „spezielle“ Unterhaltungsanweisungen unterschieden.
Die allgemeinen Anweisungen umfassen für das gesamte Bearbeitungsgebiet – nach Biotopen differenziert – generelle Aussagen zur Unterhaltung. Dabei handelt es sich um Angaben zur Ufersicherung, zur Gehölzpflege, zu Mäharbeiten und zum Geräteeinsatz.
Beispiele für allgemeine Unterhaltungsgrundsätze:

- Uferabbrüche können an geeigneten Stellen zugelassen werden, soweit sich der Bereich z. B. durch eine vorgelagerte Steinschüttung zur Fußsicherung stabilisieren lässt. Es sind dabei wellenberuhigte Zonen für Röhricht zu schaffen.
- Bei der Wiederherstellung beschädigter Ufer sollen vorhandene Abflachungen und Unregelmäßigkeiten in der Linienführung möglichst erhalten bleiben.
- Sicherungsarbeiten im Uferbereich sind so durchzuführen, dass vorhandene Gehölz- und Röhrichtbestände geschont werden.
- Ufersicherungsarbeiten sollen in Uferabschnitten mit schützenswerten und gefährdeten Pflanzen während der Vegetationsruhe durchgeführt werden. Die Brutzeiten und -plätze besonders geschützter und gefährdeter Vogelarten sind zu berücksichtigen.
- Baggergut soll, soweit geeignet, zur Schaffung von Flachwasserzonen und wellenberuhigten Bereichen verwendet werden. Ökologisch wertvolle Bereiche wie Altwasser, Flachwasserzonen und Altarme dürfen damit nicht verfüllt werden.
- Grünland und Grasflächen sollen nicht vor dem 15. Juli, wenn möglich gar nicht während der Vegetationszeit gemäht werden.
- Das anfallende Mähgut ist nicht zu verbrennen, sondern soll zum Mulchen bzw. zum Kompostieren verwendet werden.
- Röhricht und Wasserpflanzen dürfen während der Vegetationszeit nicht gemäht werden.
- Ein Abbrennen bzw. Abflämmen von Vegetationsflächen ist nicht zulässig.

- Auf den Einsatz von chemischen Pflanzenbehandlungsmitteln ist zu verzichten.
- Arbeiten an Gehölzbeständen sind in der Vegetationsruhe zwischen Oktober und Februar durchzuführen.
- Abgestorbene Bäume, die keine Gefährdung und kein Abflusshindernis darstellen, können verbleiben.
- Anfallendes Gehölzschnittgut ist zu zerkleinern und zum Mulchen bzw. zum Kompostieren zu verwenden. Es darf nicht durch Verbrennen beseitigt werden.
- Zum Schutz der Ufer und deren Vegetation gegen Verbiss und Trittschäden sind geeignete Maßnahmen (Weidezäune etc.) zu veranlassen.

Die speziellen Unterhaltungsanweisungen sind auf konkrete Flächen bezogen.
Beispielhaft sind nachfolgend die Themen aufgeführt, zu denen spezielle Unterhaltungsanweisungen für den „Unterhaltungsplan Unterweser“ (Bild 18-1) formuliert wurden:

1. Abschnitte mit besonderen schifffahrtstechnischen Anforderungen:
   - Strombauwerke
   - Röhrichte der Uferzone
   - Weserufer und Uferwall der Strohauser Plate
   - Flachwasserzone in der Schweiburg
   - Baumreihe aus Hybrid-Pappeln
2. FFH-Lebensräume und -Arten einschließlich EU-Vogelschutzrichtline:
   - FFH-Lebensraumtyp 1130: Ästuarien
   - FFH-Lebensraumtyp 6430: Feuchte Hochstaudenfluren der planaren bis alpinen Höhenstufe inkl. Waldsäume
   - FFH-Lebensraumtyp 6510: Magere Flachland-Mähwiesen
   - FFH-Lebensraumtyp *91E0: priotärer Lebensraumtyp Erlen- und Eschenwälder und Weichholzauenwälder an Fließgewässern
   - FFH-Lebensraumtyp 91F0: Eichen-Ulmen-Auenwälder am Ufer großer Flüsse
   - Seehund; Blaukehlchen; Rohrweihe.
3. Ausgewählte ökologisch hochwertige Bereiche und Arten:
   - Naturnaher Sandstrand; Röhricht der Brackmarsch; Röhricht-Hochstauden-Komplex, Gras- und Staudenflur mittlerer und feuchter Standorte; Flutrasen; Frisches und feuchtes Grünland; Weiden-Auengebüsch; Feldgehölz; Baumgruppe und Baumreihe
   - Bartmeise; Feldlerche; Rohrschwirl; Sandregenpfeifer; Schilfrohsänger
   - Englisches Löffelkraut; Gelbe Schwertlilie; Gelbe Wiesenraute; Sumpfdotterblume
4. Ausgewählte ökologisch sehr gering bis mittelwertige Bereiche und Arten:
   - Artenarme, frische Grünlandbrache
   - Intensivgrünland
   - Neophytenflur
   - Standortfremdes Gebüsch.



Spezielle Unterhaltungsanweisungen für

Abschnitte mit besonderen schifffahrtstechnischen Anforderungen

FFH-Lebensräume und -Arten einschließlich EU-Vogelschutzrichtlinie

ausgewählte ökologisch hochwertige Bereiche und Arten

ausgewählte ökologisch sehr gering bis mittelwertige Bereiche und Arten

18-1 Spezielle Unterhaltungsanweisungen (Ausschnitt)

Baumkontrollen

Baumkontrollen sind teilweise zur hoheitlichen Unterhaltung der Bundeswasserstraßen, teilweise zur Erfüllung der zivilrechtlichen Verkehrssicherungspflicht durchzuführen.

Im Rahmen der Unterhaltung werden z. B. an Bundeswasserstraßen stehende Bäume kontrolliert, um zu verhindern, dass starke Äste oder Bäume abbrechen, in die Wasserstraße gelangen und hier Schäden an Schiffen verursachen.

Baumkontrollen werden in der WSV überwiegend aus Gründen der Verkehrssicherung durchgeführt, z. B. zum Schutz des Publikumverkehrs auf Betriebswegen, Parkplätzen und Spielplätzen. Der Anspruch an die Qualität der Baumprüfung ist bei hoheitlicher und zivilrechtlicher Tätigkeit gleich hoch.

Zur Überprüfung der Verkehrssicherheit, zur Ermittlung von Schäden und ggf. zur Festlegung von Sicherungs- und Pflegemaßnahmen sind von einem qualifizierten Baumprüfer Baumkontrollen durchzuführen. Diese bestehen aus Regelkontrollen in Form von Sichtkontrollen durch fachlich qualifizierte Inaugenscheinnahme vom Boden aus. Nur wenn bei der Regelkontrolle Zweifel über die Verkehrssicherheit und/oder die zu treffenden Sicherungsmaßnahmen bleiben, müssen eingehende Untersuchungen durchgeführt werden. Unabhängig davon sind nach extremen Witterungseinflüssen und deren Folgen (z. B. Stürme, Eisregen, Hochwasser), nach Schadensfällen, nach erheblichen Veränderungen im Baumumfeld (z. B. größere Baumaßnahmen) oder nach erheblichen Eingriffen in den Baum Zustandskontrollen durchzuführen.

Die Ergebnisse der Kontrollen sind zu dokumentieren und mit den Nachweisen früherer Kontrollen zu vergleichen, um die Entwicklung von Zuständen (z. B. Faulstellen) beurteilen zu können. Die Dokumentation enthält Grunddaten (z. B. Standort), Zustandsdaten (z. B. Schadmerkmale) und Angaben zum aktuellen Handlungsbedarf.

Die erforderlichen Gehölzsicherungs-, -pflege- und -umbaumaßnahmen sind der Unteren Naturschutzbehörde zwecks Anhörung (bei hoheitlicher Tätigkeit) bzw. zwecks Abstimmung (bei zivilrechtlicher Tätigkeit) vorab mitzuteilen.

Gehölzsicherungs-, -pflege- und -umbaumaßnahmen sind nur mit Zustimmung und in Anwesenheit der qualifizierten Baumprüfer der WSV vorzubereiten und durchzuführen. Dies ist für eine fachgerechte Umsetzung der Kontrollergebnisse, die langfristige Erhöhung der Verkehrssicherheit und die langfristige Verringerung des Kontrollaufwands erforderlich. Die Naturverjüngung standortheimischer Gehölze sowie insbesondere eine fachgerechte Jungbaumpflege beugen späteren Gefahren und Kosten vor.

Die Häufigkeit von Baumkontrollen hängt insbesondere von folgenden Faktoren ab:

- berechtigte Sicherheitserwartung des Verkehrs, Verkehrslage
- Zustand des Baumes
- Standort und Veränderungen im Baumumfeld
- Baumart, Entwicklungsphase, Alter.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren sieht der „Leitfaden Baumkontrollle an Bundeswasserstraßen“ die nachfolgend genannten Regelkontrollintervalle vor:

- bei gesunden und leicht geschädigten Bäumen 1 bis 3 Jahre
- bei stärker geschädigten Bäumen 1 Jahr
- bei nachhaltig geschädigten Bäumen halbjährlich.

19 Insel- und Küstenschutz

19.1 Definition und Bedeutung

Unter Insel- und Küstenschutz sind alle Maßnahmen zu verstehen, die die Küste einschließlich der vorgelagerten Inseln vor den zerstörenden Kräften von Wasser und Eis bewahren. Um menschliches Leben und Sachwerte zu schützen, werden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Hochwasserschutz
  Schutz vor Meerwasserüberflutungen durch Deiche oder Warften
- Erosionsschutz
  Schutz gegen Uferrückgang und Erosion durch Buhnen, Uferdeckwerke, Dünen, Sandaufspülungen und Vorländer.

Unter Küstenschutz ist in Deutschland der Schutz der Küsten an der Nord- und der Ostsee zu verstehen. Dazu gehören auch die Inseln und die durch die Gezeiten beeinflussten Zuflüsse. Da dem Küstenschutz eine wachsende Bedeutung für den Umwelt- und Naturschutz zukommt, ist das Ziel des Küstenschutzes heute in der Erhaltung der Landschaft und des Lebensraumes für den Menschen zu sehen.

19.2 Begriffe

- Balje
  Eine Balje ist ein Wattstrom, ein größerer Priel.
- Priel
  Ein Priel ist eine Zu- und Abflussrinne des Wattenmeeres.
- Seegat
  Ein Seegat stellt die Verbindung eines Wattstromes mit der See her.
- Bestick
  Das Bestick ist die Bezeichnung für die Sollabmessungen eines Deiches.
- Deichlinie
  Die Deichlinie ist die durchlaufende Deichstrecke entlang der Küste mit allen Bauwerken und Anlagen.
- Düne
  Eine Düne ist eine Erhebung aus Sand, die vom Wind angeweht und abgelagert wird.
- Geest
  Die Geest ist ein Landschaftstyp in Norddeutschland. Im Gegensatz zur Marsch liegt sie höher und besteht überwiegend aus sandigem Boden.
- Hallig
  Eine Hallig ist eine nicht eingedeichte Insel im nordfriesischen Wattenmeer, die bei Sturmflut überspült wird.
- Hauptdeich
  Der Hauptdeich ist ein See-, Strom- oder Flussdeich der ersten Deichlinie, in Schleswig-Holstein auch Landesschutzdeich genannt.
- Schardeich
  Der Schardeich ist ein unmittelbar am Wasser liegender Deich.
- Schlick
  Schlick besteht aus feinkörnigem Sediment und abgestorbenen Kleinstlebewesen.
- Klei

Klei ist eine „fette“, schwere, fruchtbare Marscherde aus früherem Meeresboden, mit tierischen und pflanzlichen Verwesungsstoffen durchsetzt.

- Koog, Groden, Polder
  Der Koog (Bezeichnung in Schleswig-Holstein), Groden (Bezeichnung in Niedersachsen) oder Polder ist ein durch Eindeichung dem Meer abgewonnenes Stück Marschland.
- Marsch
  Die Marsch ist ein dem Meer abgewonnenes Land, dessen Boden der Klei bildet.
- Treibsel (ostfriesich: Teek)
  Treibsel ist angespültes Treibgut.
- Schorre
  Eine Schorre ist eine kontinuierlich ansteigende Fläche, auf der sich die Wellen brechen und auslaufen.
- Warft, Warf, Wurt, Werfte
  Dabei handelt es sich um aufgeschüttete Erdhügel zum Schutz darauf stehender Häuser.

19.3 Rechtliche Grundlagen

Küstenschutz gehört nach Art. 74 Nr. 17 Grundgesetz (GG) zu den Gegenständen der konkurrierenden Gesetzgebung. Da die Küstenländer die Belange des Küstenschutzes in Ländergesetzen wirksam geregelt haben, besteht für den Bund keine Veranlassung, von seinem Gesetzgebungsrecht Gebrauch zu machen. Der Bund wirkt jedoch nach Art. 91 a GG im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ mit.
Darüber hinaus ist die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes nach dem WaStrG zuständig für Maßnahmen zur Sicherung des Bestandes der Inseln Helgoland (ohne Düne), Wangerooge und Borkum.
Küstenschutz ist eine Aufgabe, die überwiegend in ökologisch besonders wertvollen Gebieten durchgeführt wird. Grundsätzlich sind notwendige Küstenschutzmaßnahmen auch in diesen Bereichen zulässig, denn das Wasserrecht bewertet den Küstenschutz – wobei es um das Leben und die Gesundheit von Menschen geht – höher als die Belange des Naturschutzes. Es ist selbstverständlich, dass bei allen Küstenschutzmaßnahmen auf Natur und Landschaft Rücksicht genommen wird. Eingriffe in Natur und Landschaft sind jedoch unvermeidlich. Die Regelungen der Naturschutzgesetze schreiben vor, dass die Eingriffe so gering wie möglich zu halten und durch geeignete Maßnahmen im notwendigen Umfang auszugleichen sind.
Die vor Jahrzehnten noch übliche Landgewinnung, zu der Vorländer eingedeicht wurden, wird heute aus Gründen des Naturschutzes nicht mehr praktiziert.

19.4 Der Küstenbereich

19.4.1 Gezeiten

Unter den Gezeiten des Meeres sind die periodischen Wasserstandsänderungen des Meeres zu verstehen, die unmittelbar oder mittelbar durch die Massenanziehung des Mondes und der Sonne in Verbindung mit der Erddrehung entstehen. Das Steigen des Wasserstandes wird Flut, das Fallen Ebbe genannt. Der Verlauf des Wasserstandes heißt Tide, der höchste Wasserstand Hochwasser, der niedrigste Niedrigwasser. Der Unterschied zwischen Hochwasser und Niedrigwasser heißt Tidenhub (Bild 19-1).
Durch die Anziehungskraft des Mondes entsteht eine Flutwelle, die um die Erde wandert. Dass die Gezeiten zweimal am Tag auftreten, liegt daran, dass die Anziehungskraft des Mondes mit zunehmender Entfernung abnimmt und auf der mondabgewandten Seite fast unwirksam ist. Dort wirkt die Fliehkraft, die nicht zum Mond, sondern von der Erde weggerichtet ist. Somit wandern zwei Flutberge um die Erde, die Ebbe und Flut verursachen. Zwischen den Flutbergen liegt eine Zeitspanne von 12 Stunden, 25 Minuten

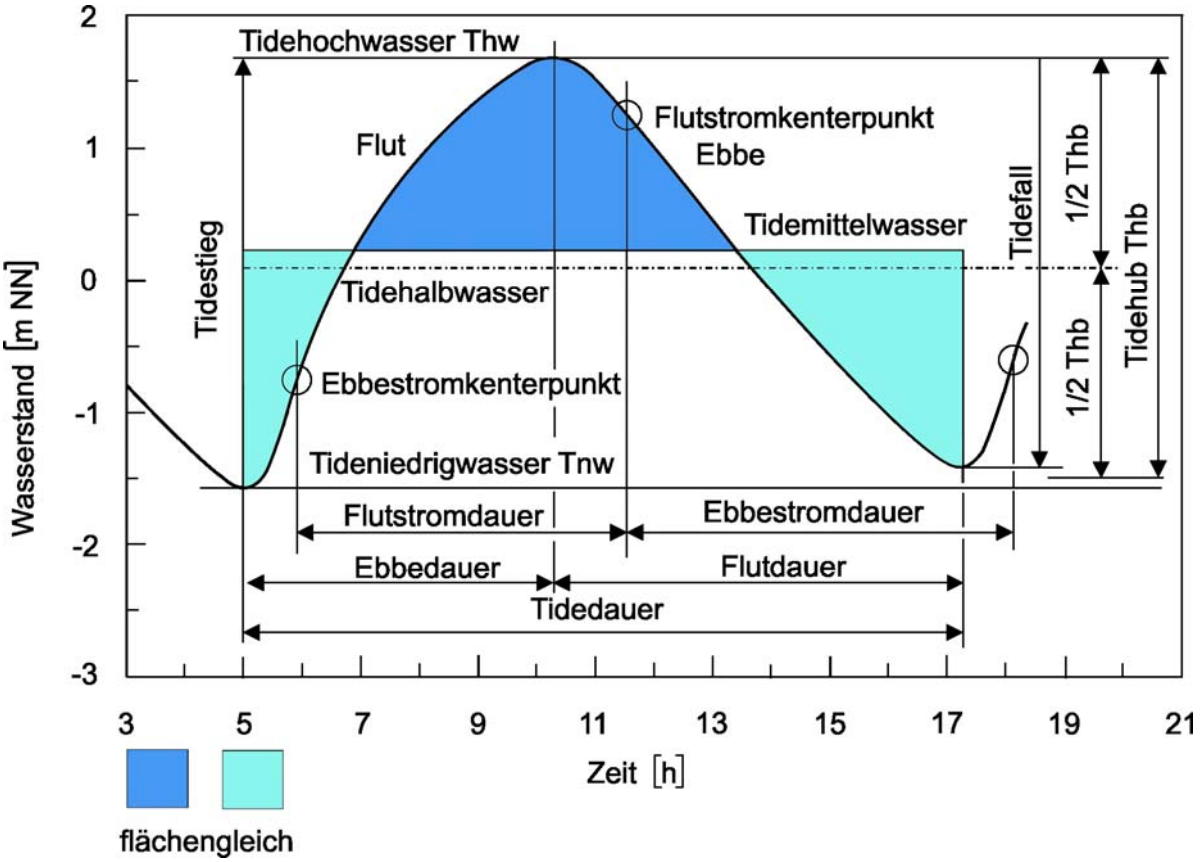
und 14 Sekunden. Der Mond braucht für die Umrundung der Erde mehr Zeit als der Erdentag dauert, und zwar 24 Stunden, 50 Minuten und 28 Sekunden. Um diese Zeitdifferenz verschieben sich täglich Ebbe und Flut.

Die Sonne hat eine erheblich geringere Anziehungskraft als der Mond, diese kommt jedoch besonders deutlich bei Spring- und Nipptiden zum Ausdruck. Eine Springtide ist eine starke Flut mit hoch auflaufendem Wasser. Zu einer Springtide kommt es bei Voll- und Neumond, wenn sich Sonne, Mond und Erde in einer Linie befinden und sich die Anziehungskräfte summieren. Stehen bei Halbmond Sonne und Mond von der Erde aus rechtwinklig zueinander, entsteht aufgrund der geringeren Anziehungskraft eine Nipptide mit schwachen Fluten und einem Wasserstand unter dem Normalniveau.

Die Flutwellen der Gezeiten in der Nordsee sind Ausläufer des Atlantiks. Da das Wasser eine längere Zeit benötigt, um bis zur Küste zu gelangen, erreicht die Flutwelle die Deutsche Bucht mit etwa dreitägiger Verspätung.

Der Tidenhub nimmt von Norden nach Süden zu, denn aufgrund ihrer einengenden Wirkung ist er in Buchten oder Flussmündungen am größten. Er beträgt in der Nordsee durchschnittlich etwa 2,50 m, vor List/Sylt 1,70 m und im Jadebusen 3,60 m.

Der Tidenhub beträgt an der deutschen Ostseeküste etwa 0,17 m.



19-1 Tidekurve der deutschen Nordsee nach DIN 4049 Teil 3

19.4.2 Sturmflut

Steigt in der Nordsee der Tidenhöchststand um mehr als einen Meter über das mittlere Tidehochwasser, spricht man von einer Sturmflut. Sturmfluten werden in leichte, mittlere und schwere Ereignisse eingeteilt.

Voraussetzung einer Sturmflut in der Nordsee sind Tiefs, die im nordatlantischen Raum entstehen. Dabei trifft warme und feuchte subtropische Luft mit polaren Kaltluftmassen zusammen. Die Tiefs wandern aus westlicher oder nordwestlicher Richtung in den Raum Nordsee-Südskandinavien ein. Die damit auftre-

tenden hohen Windgeschwindigkeiten, verbunden mit böigen Winden über See, führen zu Sturmfluten. Wichtig für den Verlauf einer Sturmflut sind Windrichtung, Windstärke und Dauer des Windes.
Die höchsten Wasserstände treten auf beim Zusammentreffen von Sturmflut und Springtiden sowie Windstau (Windstau bedeutet, dass das durch den Wind gegen die Küste aufgestaute Wasser nicht mehr abfließen kann).
In der Ostsee entstehen Sturmfluten bei stürmischen Winden aus Nordost, in Verbindung mit Schwingungen im Ostseebecken. Drücken lang anhaltende südwestliche Winde Wasser in die nordöstliche Ostsee, sodass sich das südwestliche Ostseebecken mit Nordseewasser auffüllt, erfolgt bei abflauendem Wind eine Rückschwingung an die westliche Ostsee. Diese kann noch durch einen Windstau bei Nordwind verstärkt werden.

19.4.3 Nordsee

Die Nordsee ist nach dem Ende der letzten Eiszeit durch das Schmelzen des Eises und Ansteigen des Wasserspiegels entstanden. Mit dem weiteren Ansteigen des Wasserspiegels in Verbindung mit Strömungen und Sandtransport bildeten sich langgestreckte Sandbänke, auf denen Dünen entstanden, und die Inseln. Im Schutz der Sandbänke konnte schließlich bei weiter steigendem Wasserspiegel die Wattenlandschaft entstehen.
Kennzeichnend für die Nordsee sind eingedeichte Küstenmarschen und das Wattenmeer. Das der Küste vorgelagerte Wattenmeer setzt sich aus Inseln, Außensänden, Halligen, Salzwiesen, Tiefs, Rinnen, Prielen und Seegats zusammen.

Seegang

Beim Seegang wird zwischen dem Seegang an der Außenküste und dem Seegang im Wattenmeer unterschieden. Im Wattenmeer ist der Seegang vor allem durch die geringen Wassertiefen begrenzt; vor den Inseln kann bei auflandigen Stürmen die Wellenhöhe über 5 m betragen.
Für den Küstenschutz ist der Sturmseegang von Bedeutung, der starke Abbrüche an den Inseln sowie großflächige Erosionen im Watt verursachen kann. Die aus dem Sturmseegang resultierende Wellenhöhe ist eine entscheidende Belastungsgröße für die Bemessung von Hochwasserschutzanlagen.
Neben dem Seegang entstehen durch Windstau Triftströmungen von bis zu 1,5 m/s sowie Wasserspiegelsteigungen von örtlich über 4 m, die für die Bemessung von Küstenschutzanlagen von Bedeutung sind.

Bemessungswasserstände

Die Bemessungswasserstände zur Bestimmung der notwendigen Deichhöhen ergeben sich aus

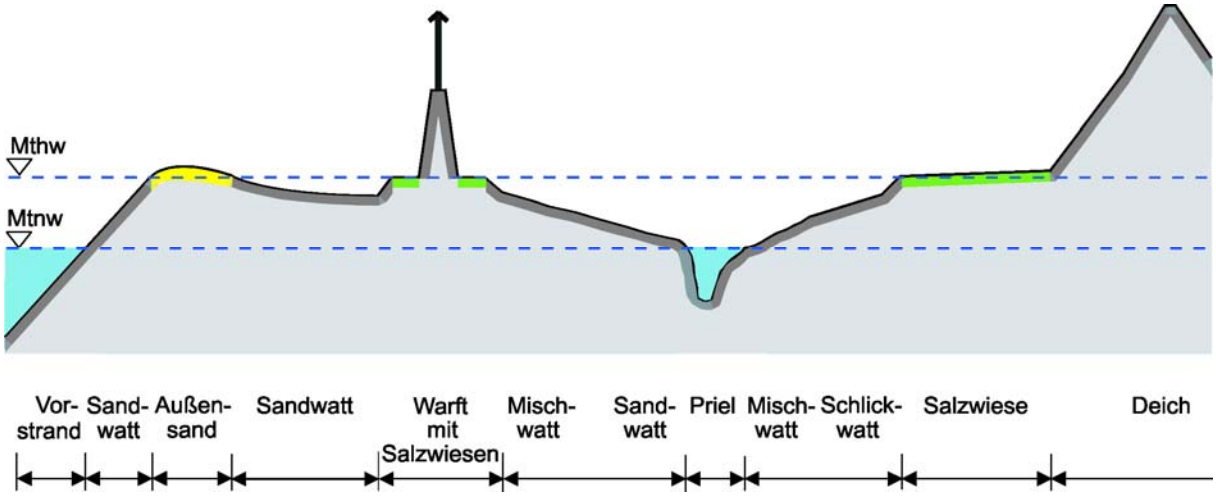
- dem möglichen Sturmflut-Höchstwasserstand
- der möglichen Wellenauflaufhöhe
- einem Sicherheitzuschlag von 50 cm.

Die Höhe der Wasserstände beträgt ca. 5 bis 7,5 m über NN.

Wattenmeer (Bild 19-2)

Das Wattenmeer (Kurzform „Watt“) wurde maßgeblich durch die Eiszeit geprägt. Das von den Eismassen herantransportierte und abgelagerte Material wurde von den Strömungen abgetragen, weitertransportiert und wieder abgelagert.
Voraussetzung für die Entstehung des Watts waren genügend Ablagerungsmaterial, ein Tidenhub von mehreren Metern, Inseln als Schutz gegen die Brandungswirkung des Meeres und eine langsam ansteigende Küstenlinie, damit das Material auch liegenblieb.

Das Wattenmeer in der Nordsee erstreckt sich von der dänischen Grenze bis zur niederländischen Grenze und in seiner Breite vom Fuß des Hauptdeiches bis seeseitig zur 10 m-Tiefenlinie bzw. von der MThW-Linie bis zur MTnW-Linie.
Die Wattsedimente bestehen zum größten Teil aus Feinsand, bei dem Rest handelt es sich im Wesentlichen um Schluff und Ton.
Abhängig von der Korngröße des abgelagerten Materials und vom Wassergehalt werden Sandwatt (nahe der Niedrigwasserlinie), Mischwatt und Schlickwatt (unmittelbar vor der Küste gelegen) unterschieden. Eine weitere Form ist das Felswatt der Insel Helgoland.
Das Watt ist von Prielen, Tiefs und Rinnen durchzogen. In den Prielen sammelt sich das ablaufende Wasser und führt es den Rinnen und Tiefs zu, die aufgrund ihrer Tiefe ständig schiffbar sind.
Das Wattenmeeer dämpft den Angriff der Wellen auf die Küste. Im Rahmen des „flächenhaften Küstenschutzes“ ist daher das Wattenmeer einschl. der Inseln, Halligen und Vorländer zu erhalten und langfristig seine Stabilität zu sichern.



19-2 Schematischer Querschnitt des Wattenmeeres in Nordfriesland (überhöhte Darstellung) (Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein – LKN-SH)

Vorland

Das Vorland ist der bewachsene Bereich zwischen dem Deich und der Uferlinie. Es ist zum größten Teil durch Landgewinnung entstanden. Diese Salzwiesenflächen sind für den Küstenschutz von großer Bedeutung, da

- sie die Wellen dämpfen und damit die Beanspruchung der Deiche mindern
- sie den Wellenauflauf am Deich verringern und die Gefahr des Wellenüberlaufs während einer Sturmflut herabsetzen
- die Unterspülung der Deiche durch Priele verhindert wird
- sie aufwendige Deckwerke am Deichfuss ersetzen
- sie auf besonders ausgewiesenen Flächen die für die Deichinstandsetzung notwendigen Salzgrassoden liefern.

Der „Generalplan Küstenschutz“ des Landes Schleswig-Holstein geht davon aus, dass die Schutzfunktion der Deiche erreicht ist, wenn sich vor dem Deich ein etwa 200 m breiter Streifen mit einer mehrjährigen Vegetationsdecke eingestellt hat.
Das „Anwachsen“ des Vorlandes auf die erforderliche Breite wird mit Hilfe von Lahnungen erreicht.

Küstenbereich (Festland)

Die Küste ist durch einen Hauptdeich (Landesschutzdeich) und eine zweite Deichlinie gesichert. Aufgabe des Küstenschutzes ist im Wesentlichen die Verstärkung und ggf. Erhöhung der vorhandenen Deiche. Weitere Küstenschutzbauwerke sind Sperrwerke, Schöpfwerke und Siele.

Inseln und Halligen (Bild 19-3)

Inseln und Halligen werden nach der Art ihrer Entstehung unterschieden:

- Geest- und Marschinseln
- Halligen
- Düneninseln und Sandplaten
- Felseninsel Helgoland

Geest- und Marschinseln

Geestinseln und Marschinseln befinden sich in Nordfriesland.

Geestinseln sind die Inseln Sylt, Amrum und Föhr. Bei diesen Inseln handelt es sich um Reste, die Sturmfluten im Mittelalter vom Festland abtrennten.

Der Küstenschutz auf den Geestinseln besteht im Wesentlichen in der Sicherung der sandigen Küsten durch Erhalt der Dünen und durch Sandaufspülungen. Weitere Maßnahmen sind ergänzende Aufspülungen im Vorstrand. Feste Bauwerke (Quer- und Längsbauwerke) sind nur dort zulässig, wo ein Küstenrückgang wegen Bebauung nicht zugelassen werden kann.

Um die Erosion am Strand zu verringern, soll durch Stranddrainage das oberflächlich nahe Grundwasser im Strand abgepumpt werden, damit das mit den Wellen auflaufende Wasser versickern kann. Zur Zeit werden noch Versuche durchgeführt.

Marschinseln sind die Inseln Pellworm und Nordstrand. Es sind Reste einer ehemaligen größeren Marschinsel.

Küstenschutzmaßnahmen bestehen im Wesentlichen in der Unterhaltung der Deiche.

Halligen

Halligen sind die Reste ehemaliger Marschinseln, sie liegen über MThW, nur die Warften (Warfen), künstlich aufgeschüttete Erdhügel, ragen aus dem Wasser.

Halligen können bedeicht sein, der Unterschied zur Insel ist der fehlende Schutz gegen alle Sturmfluten.

In Nordfriesland befinden sich 10 Halligen: Oland, Langeneß, Gröde-Appelland, Habel, Hooge, Norderoog, Süderoog, Hamburger Hallig, Nordstrandischmoor und Südfall.

Als Hallig ist auch der in der Meldorfer Bucht vor Dithmarschen liegende Helmsand zu bezeichnen.

Auf den Halligen leben etwa 340 Menschen auf 38 Warften. Die Häuser verfügen über sturmflutfeste Schutzräume.

Folgende Küstenschutzaufgaben sind auf den Halligen durchzuführen:

- Sicherung der Halligkante durch Unterhaltung und Ausbau der Deckwerke, Buhnen und Lahnungen
- Unterhaltung der Deiche und Warften
- Verstärkung der Warften durch Ringdeiche und Abflachung der Böschungen
- Unterhaltung und Ausbau der Dämme zu den Halligen Oland, Langeneß und Nordstrandischmoor. Diese Dämme vom Festland zu den Halligen lassen diese als Großbuhnen im Wattenmeer wirken, die die Bildung großflächiger Vorlandflächen unterstützen.

Düneninseln und Sandplaten

Die Düneninseln und Sandplaten sind durch mit der westöstlich bzw. nordsüdlich wirkenden Flutrichtung transportierte Sandmassen entstanden, dabei handelt es sich um sog. Barriereinseln.

Die Düneninseln sind die ostfriesichen Inseln Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog und Wangerooge sowie die Inseln Neuwerk und Scharhörn im hamburgischen Wattenmeer.

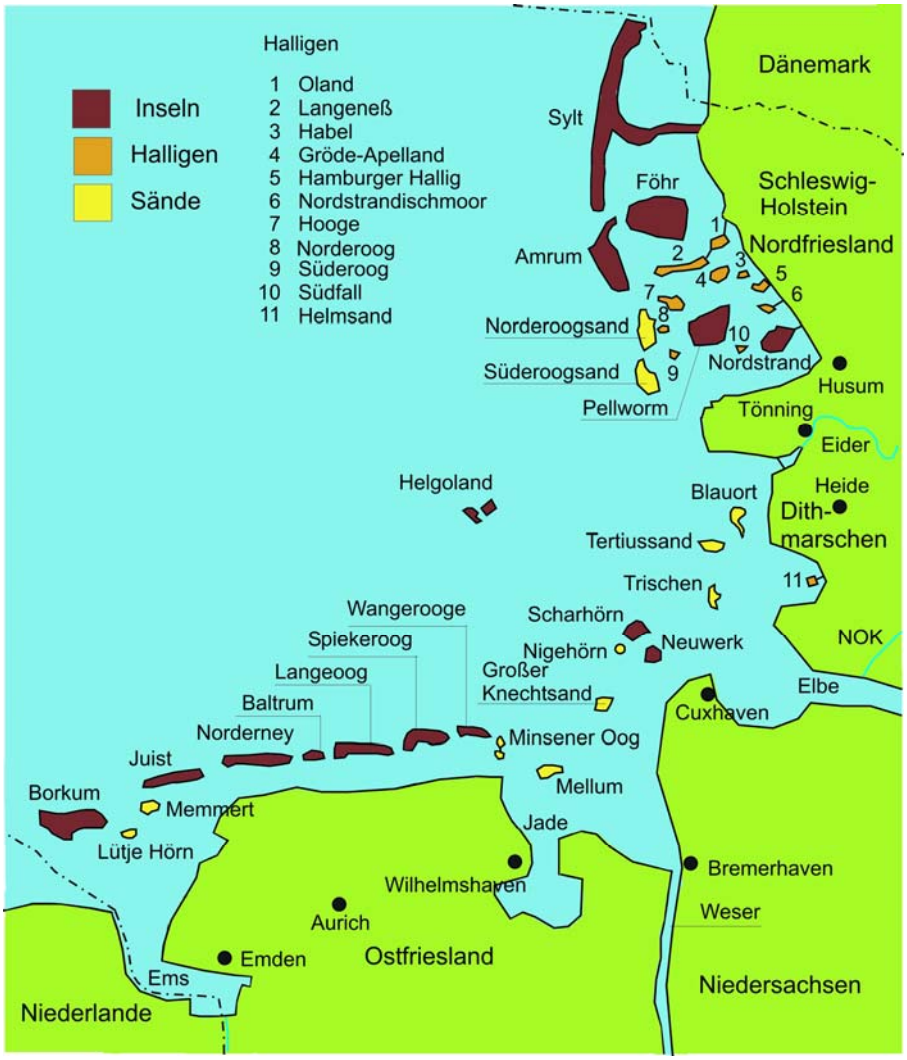
Sandplaten sind flache, dünenlose Sandbänke. Zu ihnen gehören Lütje Hörn, Memmert und Mellum in Ostfriesland, der Große Knechtsand zwischen der Weser- und Elbmündung, Trischen, Tertiussand und Blauort in Dithmarschen sowie Süderoogsand und Norderoogsand in Nordfriesland (Minsener Oog in Ostfriesland und Nigehörn im hamburgischen Wattenmeer sind künstlich geschaffene Sände).

Die ostfriesischen Inseln werden durch die ostwärts gerichteten Strömungskräfte an den Westenden der Inseln stark angegriffen. Als Schutzmaßnahme werden Buhnen gebaut, die senkrecht zur Strandlinie ins Meer reichen, ergänzt um Ufermauern und Deckwerke. Auf den Wattseiten werden in der Regel Deiche gebaut.

Felseninsel Helgoland

Helgoland ist eine ca. 60 m hohe Buntsandsteininsel, neben der sich in 1,5 km Entfernung eine Düneninsel befindet. Erdgeschichtlich ist Helgoland die älteste Insel in der deutschen Nordsee.

Die Küstenschutzaufgaben bestehen im Wesentlichen in der Fußsicherung der Felsküste und der Sicherung der Düne gegen Erosion.



19-3 Inseln, Halligen und Sände der deutschen Nordsee

19.4.4 Ostsee

Die Ostsee ist geprägt durch die Gletschervorstöße der letzten Eiszeit, die Förden und Bodden hinterlassen hat.

Förden sind Meeresbuchten, die durch die Schmelzwasser des Inlandeises entstanden sind.

Bodden sind Buchten mit vorgelagerten Inseln, die dadurch entstanden sind, dass das Meer in die von der Eiszeit geschaffene Moränenlandschaft eindrang und überflutete.

Vorspringende Küstenabschnitte wurden durch Seegang abgetragen, durch diesen sog. Küstenausgleich entstanden Steilküsten. Bei den überwiegenden Küstenabschnitten handelt es sich jedoch um Flachküsten (Bild 19-4).

Der Tidenhub von 0,17 m hat für die Ostsee kaum Bedeutung. Die maximalen Wellenhöhen betragen etwa 4,5 m.

Die Bemessungswasserstände zur Bestimmung der notwendigen Deichhöhen ergeben sich aus

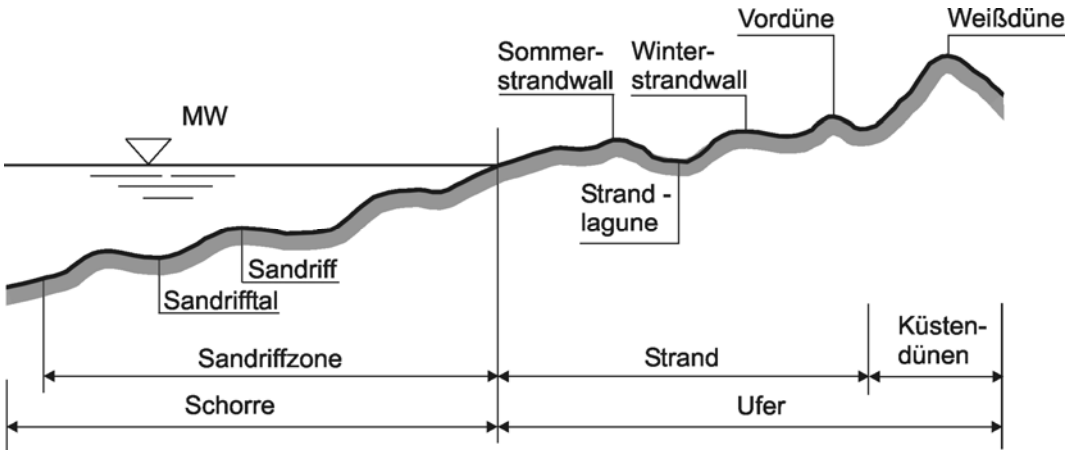
- den bisher höchsten gemessenen Wasserständen
  (maßgebend für die bisherigen Höchstwerte war die Sturmflut von 1872)
- den Werten des zu erwartenden Meeresspiegelanstiegs
- Höhenreserven, die ein Überspülen der Küstenschutzanlage unmöglich machen.

Die derzeitigen Bemessungswasserstände betragen zwischen 4,40 m und 6,60 m über NN.

In den Flachküstenabschnitten erfolgt der Küstenschutz durch Dünen oder eine Kombination aus Dünen und einem Deich mit Vorland, das die Brandungsenergie abfängt. Oft befindet sich auf dem Vorland noch ein Waldstreifen. Ist das Vorland nicht ausreichend, ist ein Deckwerk vorzusehen. Strand und Dünen können durch Sandaufspülungen ergänzt werden.

Buhnen sind erforderlich, um Erosionen im Uferbereich zu verhindern.

Steiluferbereiche erfordern keine Schutzmaßnahmen, ggf. sind jedoch Fußsicherungen (Ufermauern, Steinwälle oder Spundwände) erforderlich.



19-4 Schematischer Querschnitt einer Flachküste

19.5 Küstenschutzmaßnahmen

19.5.1 Deiche

Deiche an der Nordsee (Bild 19-5)

Die ersten Deiche wurden ab dem 11. Jh. mit der planmäßigen Bewirtschaftung und Besiedelung der Marsch errichtet. Zunächst dienten die Deiche den bewirtschafteten Flächen vor Überflutung, erst später

schützten sie auch die Bewohner und waren Bestandteil der Landgewinnung. Dem Meer abgewonnenes Marschland wurde zu Kögen eingedeicht.

Der Querschnitt eines modernen Deiches ist das Ergebnis einer Jahrhunderte langen Erfahrung. Mit der zunehmenden Höhe der Sturmfluten wuchsen die Deiche in die Höhe, die Böschungen wurden jedoch noch bis ins 17. Jh. sehr steil angelegt. Vor allem die steilen Innenböschungen waren oft die Hauptursache für Deichbrüche. Der Deichkörper bestand überwiegend aus Kleiboden.

Ab dem 15. Jh. wurden die scharliegenden Deiche – diese Deiche besitzen kein Vorland und liegen unmittelbar am Meer – als Stackdeiche ausgebildet, die mit einer Holzverschalung abgestützt wurden.

Ende des 18. Jh. wurden die Stackdeiche durch Schardeiche ersetzt, deren Fuß mit Stroh „bestickt“ war.

Die heutigen Deiche haben flache Böschungen, beginnend an der Deichkrone bei etwa 1 : 4 und immer flacher werdend bis etwa 1 : 20, an denen die Brandung gebrochen wird und die Wellen langsam auslaufen können. Innenböschungen sind mindestens im Verhältnis 1 : 3 abgeflacht, damit über die Deichkrone schlagende Wellen den Deich nicht von der Landseite beschädigen. Die Deichkrone erhält heute eine Breite von etwa 8 m, um den Deich ggf. erhöhen zu können.

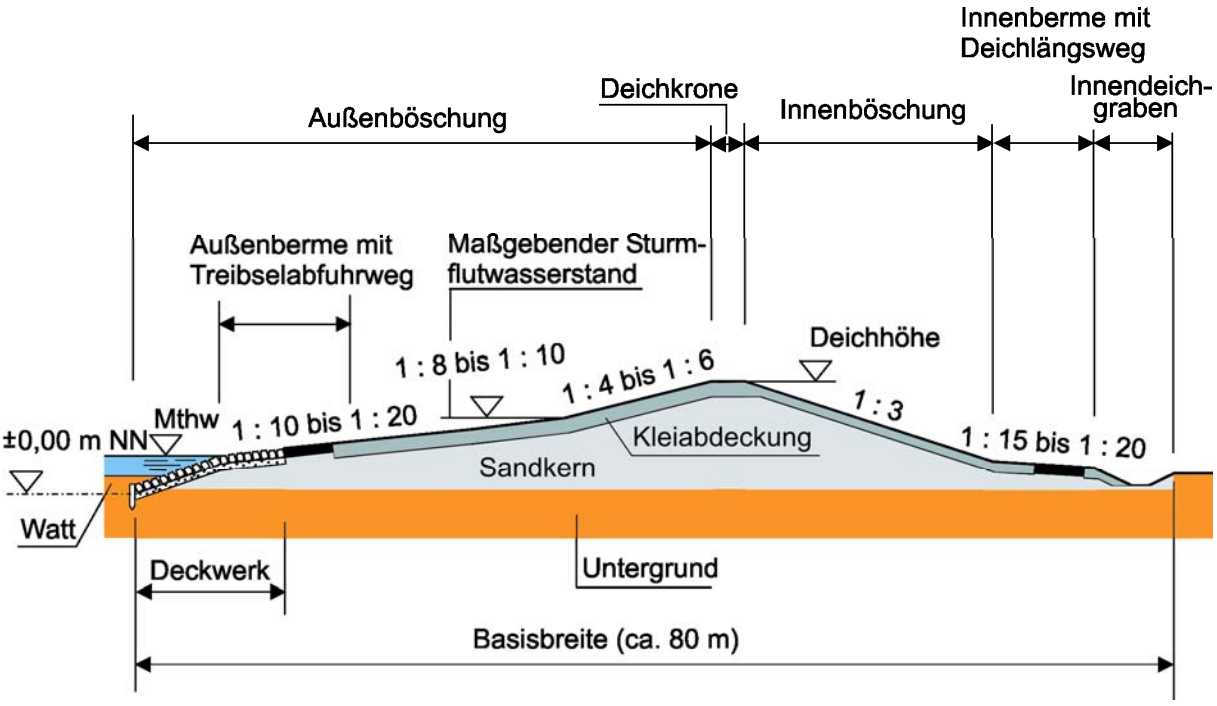
Maßgebend für die Höhe eines Deiches ist der Bemessungswasserstand, dem ggf. in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Untergrundes und des verwendeten Materials ein Setzungs- und Sackungszuschlag hinzugerechnet wird. So ergibt sich je nach Küstenbereich eine Höhe bis zu 9 m über NN.

Der Deichkörper besteht aus einem Sandkern mit einer begrünten Kleiabdeckung. Die Dicke der Abdeckung beträgt auf der Außenböschung 1,50 bis 2 m, auf der Innenböschung 1,20 bis 1,30 m.

Am Fuß der Außenböschung befindet sich beim Schardeich der Treibselabfahrweg, an den ein Uferdeckwerk anschließt. Beim Vorlanddeich schließt an die Außenböschung das Vorland mit Außenberme, Deckwerk und ggf. Buhnen an.

An der Innenböschung befindet sich am Deichfuß der Deichverteidigungsweg.

Die vorangegangenen Angaben sind maßgeblich für Hauptdeiche. Überlaufdeiche als zweite Deichlinie besitzen eine geringere Schutzwirkung als Hauptdeiche. Sie sollen zwar vor Sturmfluten schützen, eingegrenzte Überschwemmungen werden jedoch akzeptiert.



19-5 Schematischer Querschnitt eines Schardeiches (LKN-SH)

Deiche an der Ostsee

An der Ostsee werden die Flachküsten durch Deiche geschützt. Je nach ihrer Lage zur Außen- oder Binnenküste werden Seedeiche und Boddendeiche unterschieden.

Seedeiche liegen offen zur Ostsee, in ihrem Vorfeld befinden sich in der Regel ein Waldsaum, ein Dünengürtel und der Strandbereich.

Die Außenböschung des Deiches ist im oberen Bereich 1 : 15, im unteren Bereich 1 : 25 geneigt, die Innenböschung hat eine Neigung von 1 : 3.

Maßgebend für die Höhe ist der Bemessungswasserstand.

Der Deichkörper besteht aus einem Sandkern mit grasbedeckter Mutterbodenschicht.

Boddendeiche sind kleiner als Seedeiche dimensioniert. Ihre Höhe liegt ca. 1,50 m unter der der Seedeiche.

Unterhaltung der Deiche

Von der zuständigen Deichbehörde werden jährlich zwei Deichschauen durchgeführt, um zu prüfen, ob und welche Schäden entstanden sind. Dabei wird insbesondere die Grasnarbe überprüft. Erhaltungs- und Unterhaltungsmaßnahmen sind:

- Pflege des Grasbewuchses durch Pflegeschnitte und Düngung
- Beweidung durch Schafe
- Fernhalten bzw. Bekämpfen von Mäusen, Maulwürfen und Bisamen
- Vermeidung der Bepflanzung mit Buschwerk und Bäumen
- Beseitigung von Treibsel.

Deichbauwerke

- Deichscharten
  Deichscharten sind verschließbare Unterbrechungen eines Deiches zum Durchführen eines Weges. Sie bieten die Möglichkeit, das Vorland zu bewirtschaften und Wartungs- und Unterhaltungsarbeiten an der Außenböschung vorzunehmen. Die Scharten werden bei Hochwasser rechtzeitig durch Tore oder Dammbalken geschlossen. Heute werden statt Deichscharten meist Überfahrten gebaut.
- Überfahrten
  Überfahrten dienen den selben Zwecken wie Deichscharten.
- Deichsiele
  Deichsiele dienen der Entwässerung des Binnenlandes. Bei Hochwasser werden die Siele automatisch verschlossen.
- Schöpfwerke
  Schöpfwerke sind Pumpwerke zur Entwässerung des tiefer liegenden Binnenlandes, das eine natürliche Entwässerung nicht ermöglicht.
- Sperrwerke
  Sperrwerke dienen dem Hochwasserschutz tidebeeinflusster Gewässer. Bei Erreichen eines bestimmten Wasserstandes wird das Sperrwerk geschlossen.
- Seeschleusen
  Seeschleusen sind Schleusen, die einen Hafen oder einen Kanal mit dem Meer verbinden.

Deichverteidigung

Bei auflaufenden schweren Sturmfluten wird eine Deichwacht eingerichtet, die die Deichstrecken durch Kontrollgänge überwacht. Warnmeldungen werden von der Deichwacht an die Katastrophenbehörden weitergeleitet.

Schäden am Deich werden unterschieden nach einem

- Grundbruch
- Kronenbruch
- Böschungsbruch.

Ursache eines hydraulischen Grundbruchs ist eine Durchfeuchtung des Deichkerns, meist durch Undichtigkeiten an der Kleischicht der Außenböschung. Dabei kann es zu Unterspülungen und zum Abrutschen der Innenböschung kommen. Anzeichen eines bevorstehenden Grundbruchs sind Längsrisse im Deich, eine Verformung und ein Aufsteigen des Deichfußes und/oder ein Aufquellen der Bodenfläche hinter dem Deich.
Der Kolk ist durch Senkfaschinen, Steine oder Sandsäcke zu schließen. Auch durchfeuchtete Stellen sind sofort mit Sandsäcken zu beschweren.

Ein Kronenbruch erfolgt durch ein Überströmen des Deiches aufgrund ungewöhnlich hohen Hochwassers oder durch Eisversetzungen.
Schutzmaßnahmen sind Aufkadungen (Aufhöhungen) durch mehrschichtig aufgestapelte Sandsäcke (die nicht ganz gefüllt sind, damit sie keine Zwischenräume offenlassen), bis 1,00 m Höhe eine doppelte mit Erde gefüllte Bretterwand oder bis 0,50 m Höhe eine einfache Bretterwand.

Ein Böschungsbruch kann sowohl an der Außenseite als auch an der Innenseite erfolgen.
Schäden an der Außenseite entstehen durch

- Beschädigung der Außenböschung durch Auswaschung
- Abrutschen der Außenböschung.

Schäden an der Böschung können durch Wellenschlag, Eis oder Treibgut entstehen, hervorgerufen durch eine beschädigte Grasnarbe.
Die Böschung ist durch Faschinen gegen weitere flächenhafte Ausspülungen zu schützen.
Ein Abrutschen der Böschung erfolgt meist aufgrund eines schadhaften Deichfußes oder einer durchfeuchteten Böschung.
Schadstellen von 0,20 bis 0,50 m Tiefe werden durch Fachinenmatten gesichert.
Schadstellen von mehr als 0,50 m Tiefe werden durch Faschinenmatten oder Vlies und von innen nach außen schichtweise aufgesetzten Sandsäcken gesichert.

Schäden an der Innenseite entstehen durch

- Ausspülungen an der Innenböschung
- Abrutschen der Innenböschung
- Quellen an der Innenböschung.

Ausspülungen werden durch überschlagende Wellen, überströmendes Wasser und durch austretendes Sickerwasser verursacht.
Die Schäden werden durch Faschinenmatten oder Vlies und von innen nach außen schichtweise aufgesetzten Sandsäcken gesichert.
Das Abrutschen der Innenböschung kann vor allem bei anhaltenden Regenfällen oder ein Überströmen der Deichkrone erfolgen.
Die Schäden werden ebenfalls durch Faschinenmatten oder Vlies und von innen nach außen schichtweise aufgesetzten Sandsäcken gesichert.

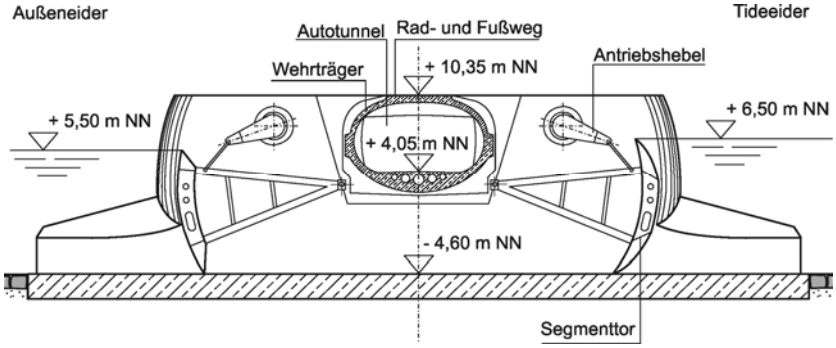
Ursache für eine Quelle ist Wasser, das auf der Außenseite in den Deichkern eindringt und zu einer Sickerlinie führt. Bei ansteigendem Wasserdruck wird mit der Quelle Sand aus dem Deichkern herausgespült, der die Stabilität des Deichs schließlich zerstört. Die Quelle darf nicht verstopft werden, da dies den Wasserdruck im Deich erhöhen würde. Zunächst sollte versucht werden, die Wassereintrittsstelle in der Außenböschung durch einen Planroller (Abdecken mit einer Plane) abzudichten. Sollte dies nicht gelingen, ist der Schaden mit einer Quellkade aus Sandsäcken zu bekämpfen, die den hydraulischen Gegendruck erhöht.
Bei einem eingetretenen Deichbruch wird versucht, die Bruchstelle mit Sandsäcken, Pfählen und Faschinen zu schließen. Zunächst ist die Fließgeschwindigkeit im Bereich der Bruchstelle zu verringern. Dazu wird ein Schwimmbaum in die Bruchstelle eingebracht. Die Bruchkanten werden mit Pfählen und Sandsäcken gesichert.
Zum Schließen der Bruchstelle werden mehrere Pfahlreihen geschlagen, Faschinen eingelegt, 3 bis 4 Reihen Sandsäcke eingebaut, an der Innenböschung ein Sandsackdamm aufgebaut und der Raum zwischen der Pfahlreihe und dem Sandsackdamm verfüllt.

19.5.2 Sperrwerke

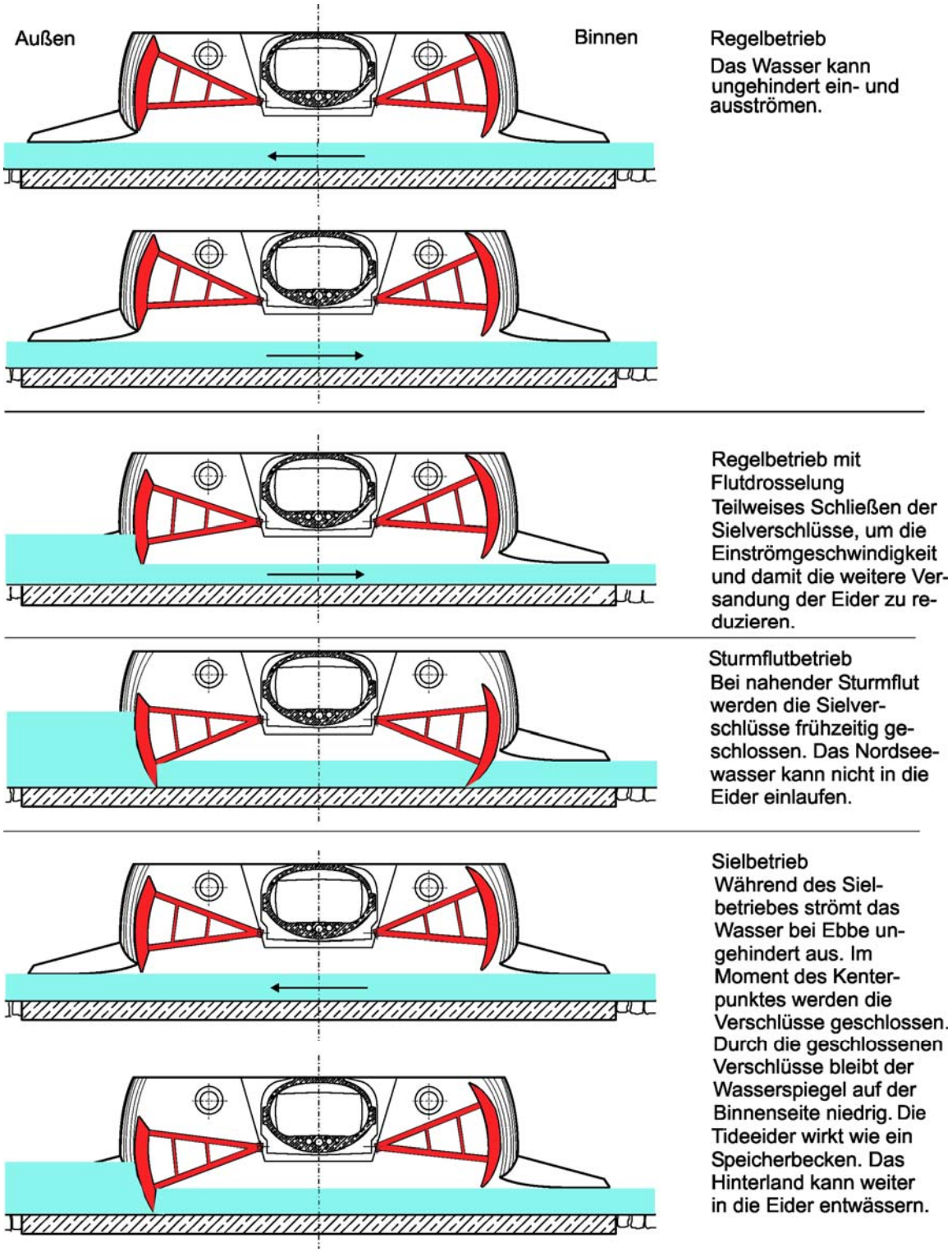
Sperrwerke sind Bauwerke in Flüssen, deren Wasserstand durch die Tide beeinflusst wird. Die Verschlusseinrichtungen der Sperrwerke schützen das Hinterland gegen höhere Wasserstände, insbesondere gegen Sturmfluten. Bei normalen Wasserständen ist das Sperrwerk geöffnet, bei Sturmflutgefahr wird es geschlossen. Ein Sperrwerk kann darüber hinaus die bisherige Deichlinie erheblich verkürzen. Sollen Schiffe das Sperrwerk auch bei geschlossenem Zustand passieren können, ist der Bau einer Schleuse erforderlich. Bei Wasserstraßen mit geringem Schiffsverkehr wird jedoch darauf verzichtet.
Für kleinere Öffnungen werden die für Wehre üblichen Verschlüsse verwendet, für größere Öffnungen sind sehr unterschiedliche Lösungen ausgeführt worden, wie insbesondere die Sperrwerke in den Niederlanden zeigen.
Besonderheiten beim Bau von Sperrwerken:

- Stauraum
  Oberhalb des Sperrwerkes muss der Stauraum bei geschlossenem Verschluss die zufließenden Wassermengen aufnehmen können.
- Sohlensicherung
  Durch die mit dem Bau eines Sperrwerkes erfolgte Einengung des Flusses treten starke Strömungen auf, die zu Auskolkungen führen können. Aus diesem Grund ist die Sohle über eine längere Strecke sowohl oberhalb als auch unterhalb des Bauwerkes zu sichern.
- Gerschiebetransport
  Die starke Strömung führt zu einem erheblichen Geschiebetransport mit Ablagerungen. Die Nischen müssen daher vor dem Schließen gespült werden können.

Die Bilder19-6 und 19-7 zeigen das Eidersperwerk mit Darstellung der Betriebsformen.



19-6 Eidersperrwerk (Querschnitt)


Außen
Binnen
Regelbetrieb
Das Wasser kann ungehindert ein- und ausströmen.
Regelbetrieb mit Flutdrosselung
Teilweises Schließen der Sielverschlüsse, um die Einströmgeschwindigkeit und damit die weitere Versandung der Eider zu reduzieren.
Sturmflutbetrieb
Bei nahender Sturmflut werden die Sielverschlüsse frühzeitig geschlossen. Das Nordseewasser kann nicht in die Eider einlaufen.
Sielbetrieb
Während des Sielbetriebes strömt das Wasser bei Ebbe ungehindert aus. Im Moment des Kenterpunktes werden die Verschlüsse geschlossen. Durch die geschlossenen Verschlüsse bleibt der Wasserspiegel auf der Binnenseite niedrig. Die Tideeider wirkt wie ein Speicherbecken. Das Hinterland kann weiter in die Eider entwässern.

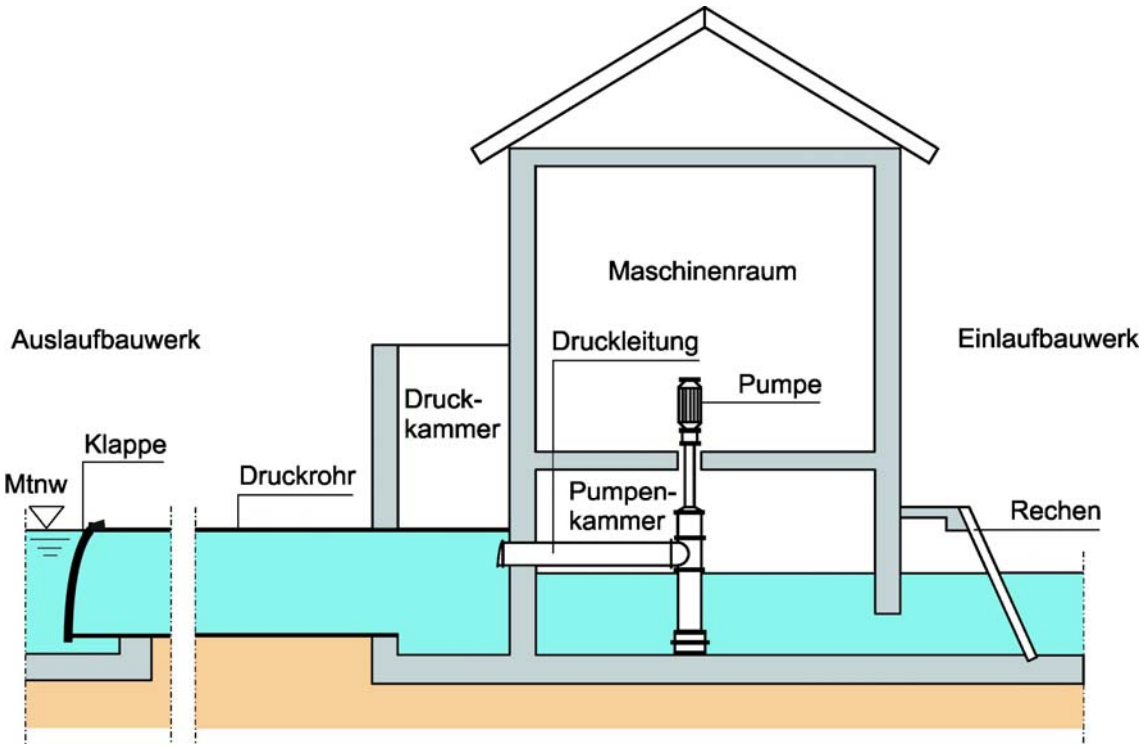
19-7 Betriebsformen des Eidersperrwerkes

19.5.3 Schöpfwerke und Siele

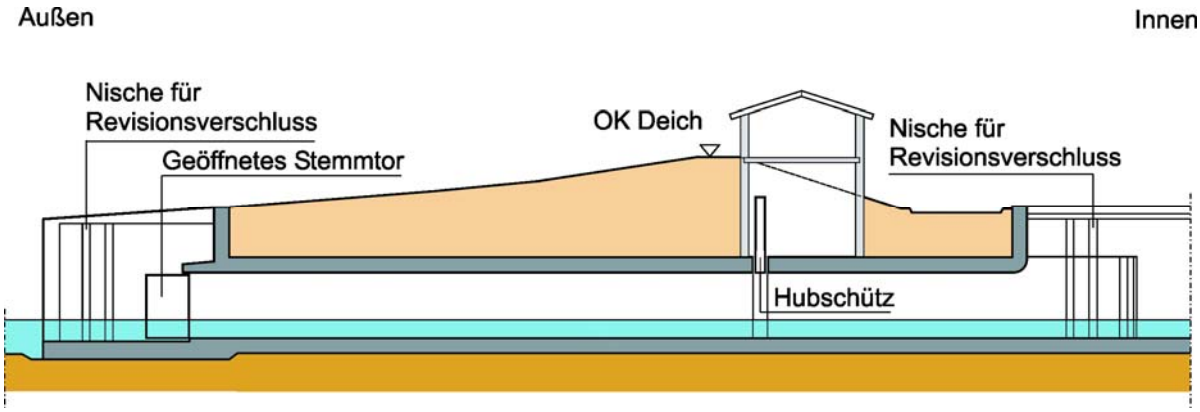
Schöpfwerke (Bild 19-8) dienen der Entwässerung der innen liegenden Gebiete, die niedriger als der Meeresspiegel liegen und somit keine natürliche Vorflut besitzen. Sie schaffen eine künstliche Vorflut. Schöpfwerke werden am Mahlbusen, der tiefsten Stellen des Polders, angeordnet.

Baulich unterscheidet man Maschinenraum, Einlaufbauwerk und Auslaufbauwerk.

Siele (Bild 19-9) sind Deichbauwerke, die den Binnenwasserstand auf natürlichem Wege regeln. Steigt der Außenwasserstand, dann schließen sich die Sieltore automatisch.



19-8 Schematischer Schnitt eines Schöpfwerkes



19-9 Längsschnitt eines Sieles

19.5.4 Dünen

Dünen schützen Flachküsten gegen Hochwasser. Die Bildung von Dünen erfolgt auf vegetationslosen oder vegetationsarmen Sandflächen bei Winden von bestimmter Richtung und Stärke. Dünen werden unterschieden nach der Art ihrer Entstehung und den auf ihnen vorherrschenden Pflanzengesellschaften (Bild 19-10):

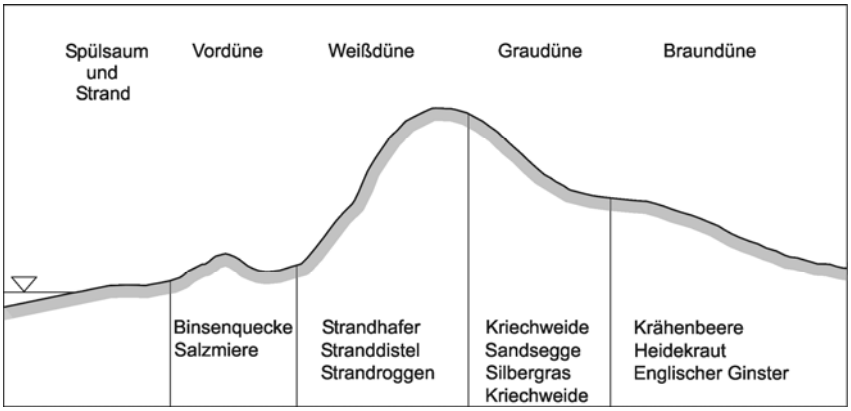
- Vordüne (Primärdüne, Urdüne)
- Weißdüne (Sekundärdüne, Strandhaferdüne)
- Graudüne (Tertiärdüne, Binnendüne)

- (Wanderdüne)
- Braundüne.

Eine Vordüne entsteht, wenn die durch die Brandung erzeigten Sandwälle die Höhe des MThW erreicht haben. Dann siedelt sich der Strandweizen (Binsenquecke) an, in dessen Blätterbüscheln und Horsten sich der Sand verfängt. Mit den tief in den Boden reichenden Wurzeln hält der Strandweizen die junge Düne zusammen und wächst mit ihr in die Höhe und in die Breite. Dadurch kann die Düne eine Höhe von bis zu 2 m erreichen.
Eine Weißdüne entsteht, wenn durch weitere Sandablagerungen die Hochwasserlinie überschritten wird. Regenwasser wäscht das im Sand enthaltene Salz aus, so dass eine neue Gesellschaft dünenbildender Gräser sich ansiedelt. Zu ihnen gehören insbesondere der Strandhafer und der Strandroggen. Durch ihren größeren und dichteren Wuchs wird die Dünenbildung erheblich beschleunigt. Bei genügender Sandzufuhr kann eine Düne eine Höhe von 20 bis 30 m erreichen. Die Bezeichnung Weißdüne verdankt die Düne der hellen Farbe des Sandes, die bei den spärlichen Halmen der Dünengräser überwiegt.
Eine Graudüne entsteht, wenn bei wachsender Höhe die Sandzufuhr endet. Die Pflanzen werden nicht mehr verschüttet, es beginnt die Bildung von Humus. Die Dünengräser werden durch Pflanzen wie Kriechweide, Sandsegge und Silbergras abgelöst.
Wird die Pflanzendecke einer Düne durch Menschen oder Tiere zerstört oder konnte sich gar keine Pflanzendecke bilden, kann eine Wanderdüne entstehen, die vom Wind bewegt wird. Die einzige Wanderdüne befindet sich zur Zeit in List/Sylt.
Eine Braundüne kann sich aus der Graudüne entwickeln, wenn sie weiter ins Landesinnere vordringt. Mit zunehmendem Alter wird die Vegetation artenreicher. Durch vermehrte Humusbildung siedeln sich Pflanzen wie die Krähenbeere, Heidekraut und Englischer Ginster an.
Die Bildung und Stabilisierung neuer Dünen kann auch durch bauliche Maßnahmen und Anpflanzungen gefördert werden, wenn z. B. durch Sturmfluten Dünenabbrüche oder -durchbrüche entstanden sind:

- Setzen von Sandfangzäunen
- Anpflanzen von Strandhafer.

Sandfangzäune werden quer zur Hauptwindrichtung am landseitigen neuen Dünenfuß gesetzt. Nachdem der Zaun vollgesandet ist, werden davor und schließlich darüber neue Zäune gesetzt. Sandfangzäune bestehen aus Buschfaschinen, Laubfaschinen oder auch aus Kunststoffbahnen oder -netzen.
Anpflanzungen von Strandhafer unterstützen die natürliche Entwicklung einer Düne. Verwendet werden zwei- bis dreijährige Stecklinge mit mindestens zwei Knoten. Die Stecklinge werden in den Dünen 10 bis 15 cm tief gestochen und zu je fünf bis sieben Stück pro Loch in Reihen gepflanzt. Der Abstand der Pflanzen beträgt höchstens 50 cm.



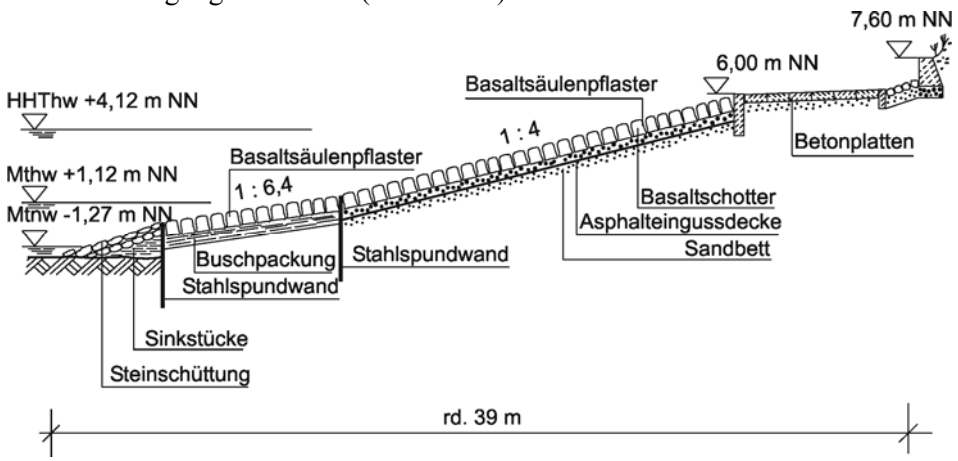
19-10 Schematischer Querschnitt der Dünen der Nordsee und ihr Pflanzenbewuchs (LKN-SH)

19.5.5 Sandaufspülungen

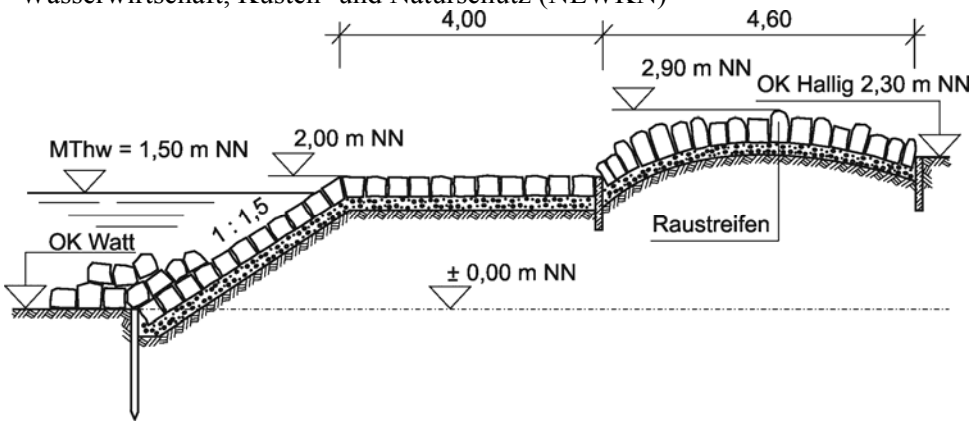
Die sandigen Küsten unterliegen durch die Seegangsbelastung vor allem bei hohen Wasserständen einer starken Erosion. Als wirtschaftlichste Lösung haben sich in den letzten Jahrzehnten Sandaufspülungen erwiesen, die allerdings ständig wiederholt werden müssen. Das benötigte Material wird durch Baggerung im Meer gewonnen. Es wird im Bereich der Schorre, auf dem Strand und am seeseitigen Dünenfuß aufgespült. Dadurch wird das durch Erosion abgetragene Material teilweise ersetzt und das küstentypische Landschaftsbild erhalten.

19.5.6 Uferdeckwerke

Uferdeckwerke im Küstenbereich schützen den Strand und die Dünen gegen Abbruch und Erosion. Sie ähneln denen im Binnenbereich, aufgrund der größeren Beanspruchung werden aber flachere Böschungsneigungen gewählt. Steinbefestigungen werden in schwerer Ausführung gesetzt (Bild 19-11).
Auf den Halligen haben sich Raustreifen (genannt „Igel“) als Erhöhung des Deckwerkskopfes zur Dämpfung der Wellenbewegungen bewährt (Bild 19-12).



19-11 Schrägdeckwerk auf Norderney (nach Unterlagen des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)



19-12 Deckwerk einer Hallig mit Raustreifen (Igel)

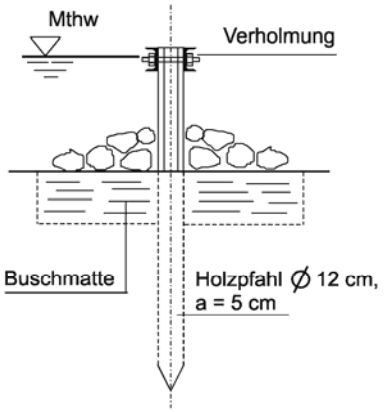
19.5.7 Buhnen, Molen und Wellenbrecher

Buhnen

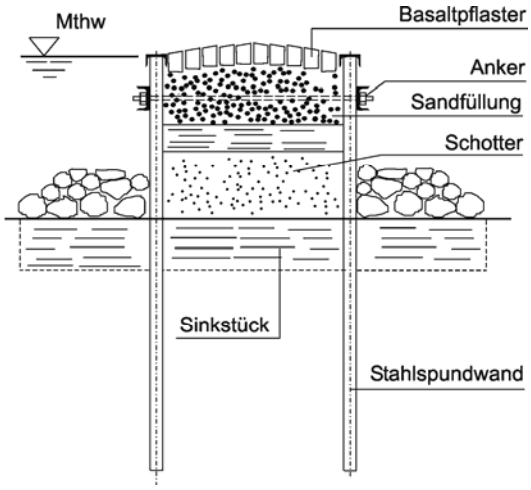
Buhnen haben im Küstenbereich die Aufgabe, den Sandabtrag zu unterbinden und darüber hinaus die Sedimentation zu fördern, also den Sandstrand in möglichst großer Breite zu erhalten und ihn bei eingetretenen Verlusten wieder aufzubauen.

Auf den ostfriesischen Inseln werden die Buhnen zur Erhaltung des Inselsockels in der Regel auf der Nordwestseite angelegt.
Im Wattenbereich sollen die Buhnen vor allem das Mäandrieren der Priele verhindern, um die Halligkanten oder den Inseldeichfuss zu sichern.
Die Buhnenwurzel schließt etwa 50 cm unter MThW an das Deckwerk an.
Bauweisen der Buhnen sind die

- einreihige Pfahlbuhne (Bild 19-13)
- doppelreihige Pfahlbuhne
- Einwandbuhne
- Kastenbuhne (Bild 19-14).



19-13 Einreihige Pfahlbuhne (Querschnitt)



19-14 Kastenbuhne (Querschnitt)

Molen und Wellenbrecher

Molen sind vom Ufer ins Wasser gebaute Anlagen, die einen Hafen vor Wellenbeanspruchung schützen. Sie sind in der Regel begeh- und befahrbar und verfügen über Möglichkeiten zum Anlegen von Schiffen.
Molen können aus Steinschüttungen, Spundwänden (Fangedammkonstruktion), als Pfahlrost, in Blockbauweise oder als Schwergewichtsbauwerk mit Druckluft- oder Schwimmmkastengründung (Kap. 15.2) hergestellt werden.
Wellenbrecher sind Bauwerke, die im freien Wasser errichtet werden. Sie haben meist keine Verbindung zum Land. Wellenbrecher werden als Steinschüttungen oder Schwergewichtsbauwerke hergestellt.

19.5.8 Flächenhafter Küstenschutz

Das Wattenmeer hat eine Wellenbrecherfunktion für die Festlandsküste. Die Maßnahmen zum Erhalt des Wattenmeeres mit dem Wattbereich und den Wattrinnen, den Watt- und Inselsockeln, den Außensänden und Deichvorländern werden als flächenhafter Küstenschutz bezeichnet. Diese Maßnahmen sind insbesondere

- der Schutz der Wattströme und benachbarten Watten vor Erosion durch Verkleinerung der Fluträume
- der Bau von Wattsicherungsdämmen
- die Gewinnung wellendämpfender Deichvorländer
- das Anlegen von Lahnungsfeldern.

Wattsicherungsdämme

Wattsicherungsdämme werden vom Festland zu den Inseln und Halligen oder zur Verbindung von Halligen und Inseln untereinander angelegt. Sie reduzieren die Strömungsenergie der durch Ebbe und Flut bewegten Wassermassen. Dämme werden überwiegend in Steinbauweisen mit Mittelspundwand gebaut. Zur erforderlichen Unterhaltung müssen sie befahrbar sein.

In Verbindung mit dem Dammbau wird zu seiner Sicherung auch eine Vorlandbildung durch Lahnungen eingeleitet. Durch Aufschlickung verlanden die Dämme zumindest leeseitig.

Lahnungen

Aufgabe und Wirkungsweise der Lahnungen

Die wichtigste Maßnahme zum Erhalt bzw. Anwachsen des Vorlandes ist das Anlegen von Lahnungsfeldern. Die schachbrettartig angeordneten Lahnungsfelder, die von Lahnungen – doppelte Pfahlreihen mit eingelegten Faschinen – umgeben sind, bilden Stillwasserbereiche, die die natürliche Ablagerung von Schlick beschleunigen. Die Lahnungen haben die Aufgabe, die Wasserbewegung zu beruhigen. Sie schlucken dabei den Wellenschlag und lassen das Wasser mit seinen leichten Sinkstoffen hindurchfließen. Der Schlick lagert sich dort ab, wo die Flut zum Stillstand kommt. Damit die feinen und leichten Sinkstoffe nicht mit dem Ebbstrom wieder fortgetragen werden, wird innerhalb der Felder ein Entwässerungssystem angelegt, denn der Schlick hat die günstige Eigenschaft, schnell fest zu werden, sobald Sonne und Wind auf ihn einwirken können. Die Ablagerung des Schlicks kann jährlich bis zu 3 cm betragen. Zur verstärkten Auflandung und gezielten Entwässerung werden Grüppen ausgehoben. Alle zwei bis drei Jahre sind diese Grüppen durch frisch abgelagerte Sinkstoffe wieder vollgeschlickt und müssen wieder ausgehoben werden. Sobald das Watt durch die Aufschlickung bis auf 30 cm unter dem mittleren Tidehochwasserstand (MThW) aufgelandet ist, beginnen sich die ersten Pflanzen wie Queller und Schlickgras anzusiedeln. Mit ihrem verzweigten Wurzelwerk halten diese Pflanzen den weichen Schlickboden fest, bei dichtem Bestand bewirken sie eine Beruhigung der Wasserbewegung und fördern dadurch die weitere Ablagerung von Sinkstoffen. Nachdem das Watt bis über MThW aufgelandet ist und der normale Tidehub die Fläche nicht mehr überströmt, wächst als nächste Pflanze das Andelgras. Damit ist eine Marsch (Salzwiese) entstanden und das Watt zum Vorland geworden.

Die nachfolgenden Ausführungen erläutern

- die Herstellung der Lahnungen
- das Anlagen von Lahnungsfeldern
- das Ausführen von Grüppenarbeiten.

Herstellung der Lahnungen (Bild 19-15)

Lahnungen bestehen aus zwei Reihen Pfählen, die parallel zueinander versetzt im Abstand von 25 cm bis auf 1,10 m tief in den Wattboden gerammt werden. Der Abstand der Pfähle in den beiden Reihen beträgt 40 cm. Der Zwischenraum der beiden Pfahlreihen wird mit Fichtenfaschinen gefüllt und fest verdrahtet. Folgende Materialien werden verwendet:

- Lahnungspfähle

  Für Lahnungspfähle werden überwiegend Fichten- und Tannenhölzer verwendet. Die Pfähle müssen von gesunden, außerhalb der Saftzeit geschlagenen Bäumen stammen und frisch, kernig, gesund, unverwittert und frei von Ästen, Astlöchern, Pilzen und Fäule sein. Ihr Wuchs muss gerade und nicht gedreht sein.

  Die Pfähle werden maschinell waldgestreift. Die vorgeschriebene Pfahlstärke wird in der Pfahlmitte gemessen.

Der Pfahlkopf muss rechtwinklig zur Pfahlachse geschnitten sein. Die Pfähle müssen mindestens vierseitig gespitzt sein. Die Spitzenlänge soll das Eineinhalb- bis Zweifache des Pfahldurchmessers betragen.

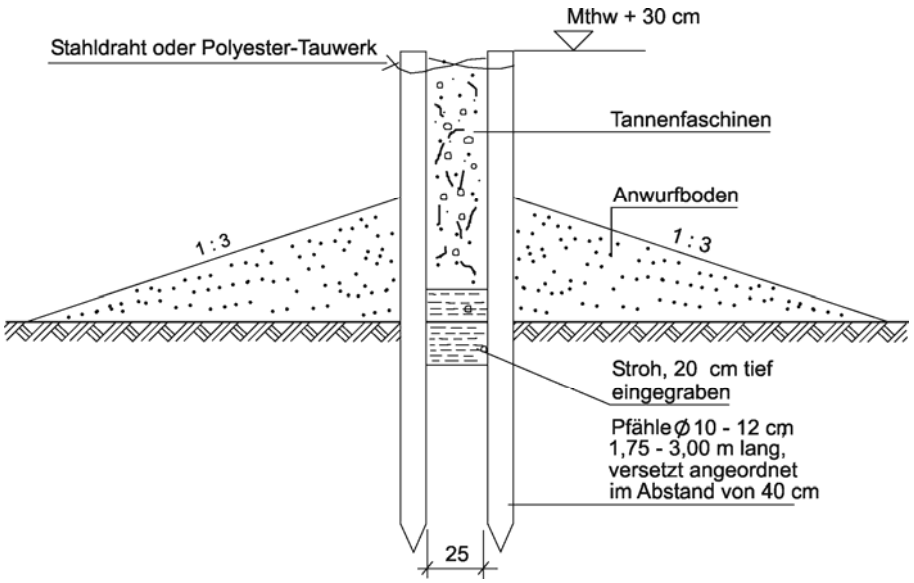
Für den Lahnungsbau wird verzinkter Schnürdraht oder Polyester-Tauwerk verwendet.

- Faschinen

  Für die Herstellung der Faschinen werden Fichten- und Tannenzweige verwendet. Eine Faschine hat einen Durchmesser von 20 cm und eine Länge von 2,10 m. Die Zweige müssen schlank, dicht verästet und möglichst gerade sein. Die größte Dicke der Zweige darf 2,5 cm nicht übersteigen.

  Die einzelne Faschine muss mit verzinktem Bindedraht von 1,2 mm Durchmesser fest gebunden sein. Kurze Zweige dürfen nicht mit eingebunden werden. Am Stammende muss die Faschine bündig sein.

  Das Aufmaß bei Anlieferung der Faschinen erfolgt nach Rauminhalt. Der Faschinenbedarf ist gleich dem zweifachen Inhalt des lichten Lahnungsraumes, weil die Lahnung so fest wie möglich gepackt werden soll.

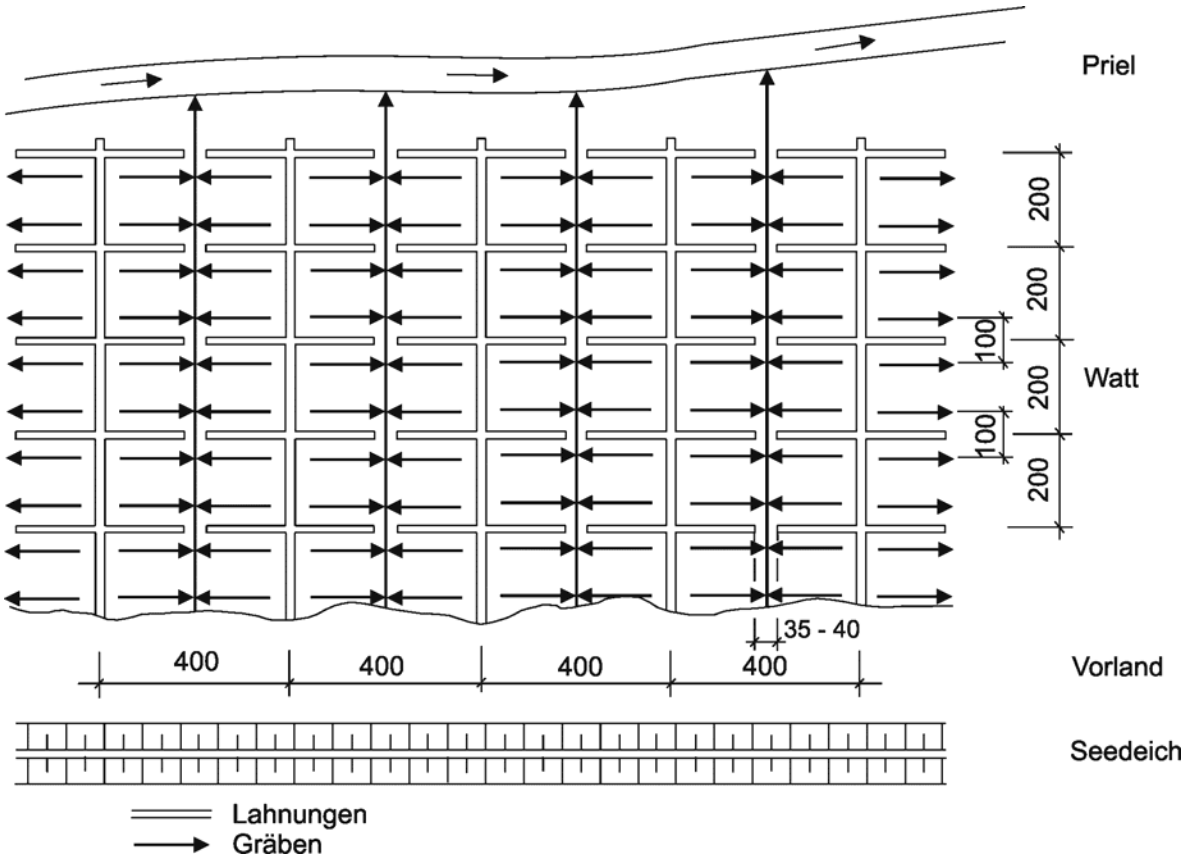


19-15 Lahnung (Querschnitt)

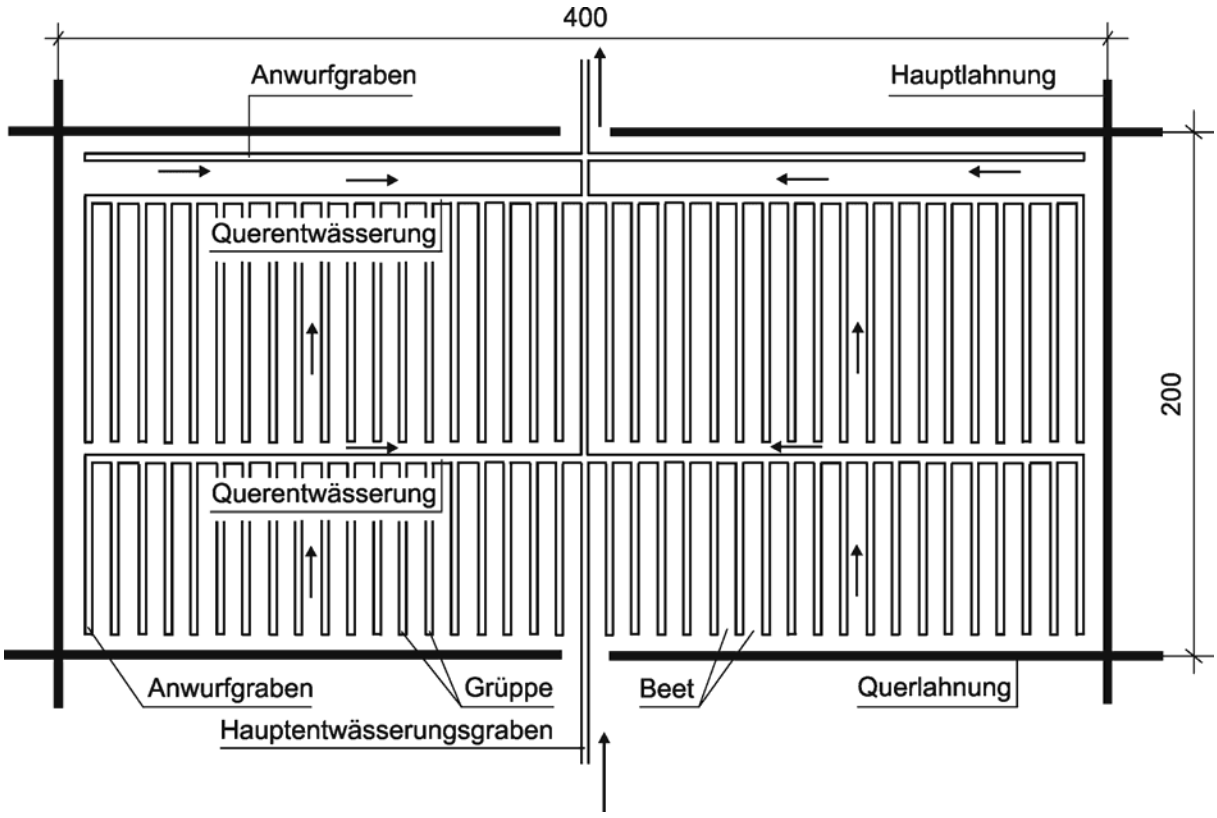
Anlegen von Lahnungsfeldern (Bilder 19-16 und 19-17)

Lahnungen werden im Abstand von 400 m ins Watt hinaus gebaut. Senkrecht zu diesen Hauptlahnungen werden in Abständen von 200 m Querlahnungen angelegt, so dass kleinere, von Lahnungen eingefasste Stillwasserbereiche (Felder) entstehen. Der Hauptentwässerungsgraben verläuft durch ca. 10 m breite Öffnungen in den Querlahnungen und mündet in einen Priel im Watt. Senkrecht zu dem Hauptentwässerungsgraben werden in den Lahnungsfeldern Nebenentwässerungsgräben (Ableiter) angelegt. Rechtwinklig zu den Nebenentwässerungsgräben werden im Abstand von 10 m Grüppen (Gräben) ausgehoben. Zwischen den Grüppen befinden sich die sog. Beete.

Parallel zu den Lahnungen verlaufen die Anwurfgräben, aus denen der Boden für den Anwurf der Lahnungen entnommen wird.



19-16 Lahnungssystem



19-17 Lahnungsfeld

Ausführen von Grüppen- und Entwässerungsarbeiten (Bild 19-18)

Grüppen und Entwässerungsgräben werden ausgehoben, damit

- eine möglichst gute Entwässerung des Deichfußes und der Lahnungsfelder erreicht wird
- die abgelagerten leichten Sinkstoffe sich mit dem Wattboden gut verbinden.

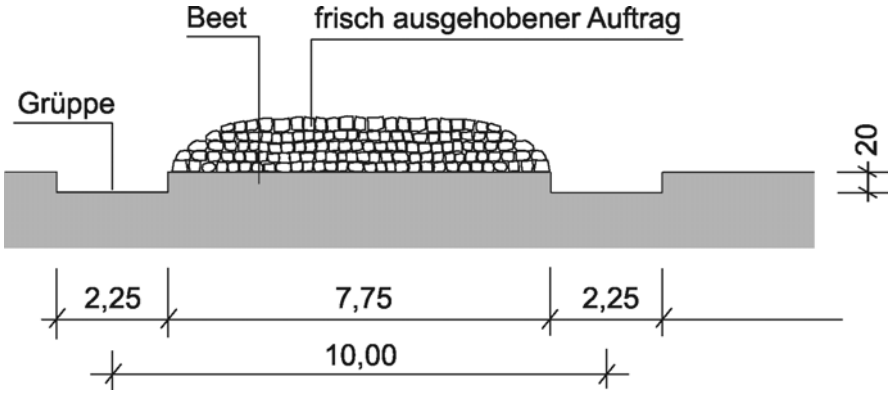
Grüppen- und Entwässerungsarbeiten wurden früher von Hand, heute durch den Einsatz von Grüppenbaggern ausgeführt.

Die gebräuchlichsten Maße für Grüppen/Gräben sind:

Normalgrüppe	2,25 m x 0,20 m
Ableiter	2,00 m x 0,40 m
Anwurfgraben	3,00 m x 0,20 m.

Die Grüppen verlaufen in gleicher Richtung wie die Hauptentwässerung. Sie sollen nicht länger als 100 m sein, damit sie nicht zu viel Wasser führen und besser trocken laufen. Ihr Abstand voneinander beträgt 10,00 m.

Der Aushub wird auf die Mitte des Beetes geworfen, so dass ein gleichmäßig hoher Wall entsteht. Dieser Wall muss nach den Grüppen zu ein Gefälle haben.



19-18 Querschnitt durch ein Grüppenfeld

Teil IV Schifffahrt

20 Schifffahrtskunde

Viele Aufgaben und Tätigkeiten des Wasserbauers/der Wasserbauerin werden mit Hilfe eines schwimmenden Fahrzeuges oder Gerätes ausgeführt. Der Wasserbauer/die Wasserbauerin muss daher mit den wichtigsten Begriffen aus der Schifffahrt und der Ausrüstung eines Schiffes vertraut sein, die wichtigsten Knoten ausführen und ein Schiff ordnungsgemäß festmachen können.

Begriffe

Ankerklüse	Öffnung in der Bordwand, durch die die Ankerkette läuft
Ankerspill	Vorrichtung zum Ausbringen und Aufholen de Ankers
Bodenwrange	Querverbindung, die Spanten, Kiel und Schiffsboden miteinander verbindet
Brückennock	Außenbereich der Brücke an Backbord und Steuerbord
Gangbord	Seitendeck zwischen Reling und Aufbauten bzw. Lukensüll
Gösch	Flagge
Herft	Lagerraum
Kettenkasten	Stauraum für die Ankerketten
Kimmgang	Übergang des Schiffsbodens in die Seitenwände
Kielschwein	Längsverband, der über den Bodenwrangen verläuft. Er gibt dem Rumpf Längssteifigkiet und verbindet die Spanten und Bodenwrangen
Luke	jede Decksöffnung auf einem Schiff
Lukendeckel	Abdeckung der Luke
Mannloch	Einstieg in einen Tank oder einen kleinen Raum
Mastkoker	Mastbock für den Klappmast
Oberdeck	Hauptdeck oder Arbeitsdeck, das höchst Deck des Schiffes
Piek	Raum eines Schiffes (Vorpiek, Achterpiek)
Poller	Festmachevorrichtung für Leinen
Poop	Hinterer Decksaufbau (Achterschiff)
Ruderhaus	Brücke für den Schiffsführer
Saateisen	Platten zur Boden- und Seitenverstärkung
Schanzkleid	Eine Erhöhung über das Deck hinaus
Scherstock	Herausnehmbare Stahlträger im Lukenschacht. Sie dienen als Auflage für den Lukendeckel
Schlepplichter	Lichter für Schleppfahrt
Schott	Quer- und Längswände zur Unterteilung und Versteifung des Schiffskörpers
Spanten	Tragende Bauteile zur Verstärkung des Rumpfes, gleichzeitig Träger der Beplankung
Strau	Bodenbeplankung
Süll	Einfassung von Öffnungen (z. B. Lukensüll)
Topplaterne	Positionslicht im Masttopp

Tauwerk

Ein Tau wird mit Leine bezeichnet, deren Anfang und Ende heißen Tampen. Schwere Leinen heißen Trossen.

Nach dem Material werden unterschieden (in Klammern sind die Handelsnamen aufgeführt):

- Naturfasern: Hanf, Sisal, Manila, Baumwolle, Kokos

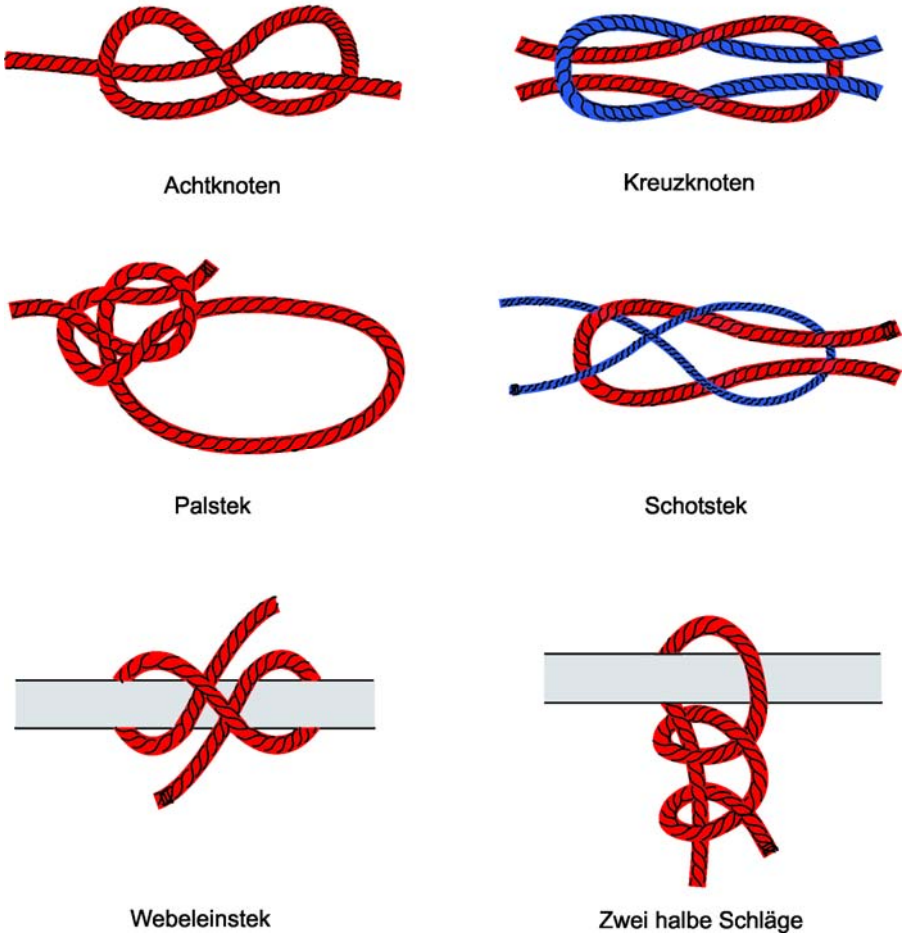
- Synthetische Fasern:
  - Polypropylen (Meraklon, Betelon)
  - Polyamid (Nylon, Perlon, Enkalon)
  - Polyester (Dracon, Terylen, Tergal, Tertal, Trevira, Diolen, Wistel)
  - Polyethylen (Dyneema, Spectra)
  - Aramid (Twaron, Levlar)
- Stahldraht: verzinkt oder unverzinkt, Legierungen.

Naturfasern werden kaum noch für Tauwerk verwendet. Sie sind durch synthetische Fasern ersetzt worden. Synthetische Fasern verfügen über eine größere Bruchfähigkeit, sie faulen nicht, nehmen kaum Wasser auf und sind in der Regel elastischer.
Sie unterscheiden sich in der Härte, der Elastizität, der Scheuer- und Reißfestigkeit, der Bruchdehnung, der Lichtbeständigkeit sowie der Knotenfestigkeit.
In der Handelsschiffahrt wird insbesondere Polypropylen-Tauwerk verwendet. Es ist ein leichtes, schwimmfähiges und preiswertes Material.
Polyester-Tauwerk ist lichtbeständig und wenig elastisch. Es wird für Festmach-, Schlepp- und Ankerleinen verwendet. Diese Faser hat die Polyamidfaser, als Nylon das erste synthetische Fasermaterial, weitgehend ersetzt. Polyamid verliert durch UV-Strahlung seine Flexibilität und ist dann kaum noch handhabbar.
Polyethylen- und Aramid-Fasern haben eine hohe Reißfestigkeit. Diese Materialien sind sehr teuer und werden für Spezialzwecke verwendet.

Nach der Herstellungsart wird gedrehtes, geschlagenes und geflochtenes Tauwerk unterschieden.
Tauwerksschlingen werden Augen genannt.
Das Zusammenlegen einer Leine in sog. Buchten heißt Aufschießen.
Belegen ist das Befestigen einer Leine auf einem Poller o. Ä. durch bestimmte Knoten.
Dichtholen ist das Zusammenziehen der Parten (Teile einer Leine) eines Knotens.
Festmacher ist eine Leine, durch die ein Fahrzeug am Poller o. Ä. festgehalten wird.

Knoten

Knoten dienen in der Schifffahrt zum Sichern eines Endes, zum Verbinden zweier Enden oder zum Festmachen einer Leine an einem Poller o. Ä. Diese Knoten halten immer, soweit sie richtig gesteckt wurden, und lassen sich auch jederzeit ohne Schwierigkeiten wieder lösen.
Die nachfolgend genannten Knoten (Bild 20-1) reichen aus, um allen Anforderungen der Praxis gewachsen zu sein.
Der Achtknoten ist ein Stopperknoten. Er verhindert, dass eine Leine unbeabsichtigt aus Augen oder anderen Öffnungen ausrauscht.
Der Kreuzknoten dient zum Zusammenstecken zweier gleich starker Leinen.
Der Palstek dient zur Herstellung eines Auges, das sich nicht zusammenzieht. Mit diesem Knoten wird eine Leine an einem Pfahl befestigt.
Der Schotstek dient zum Zusammenstecken von zwei ungleich starken Leinen.
Der Webeleinstek dient zum Belegen von Festmachern auf Pollern o. Ä.
Zwei halbe Schläge vermeiden das Aufgehen des Knotens. Sie dienen zum Festmachen an Dalben, Stangen o. Ä. , meistens in Verbindung mit einem Rundtörn.

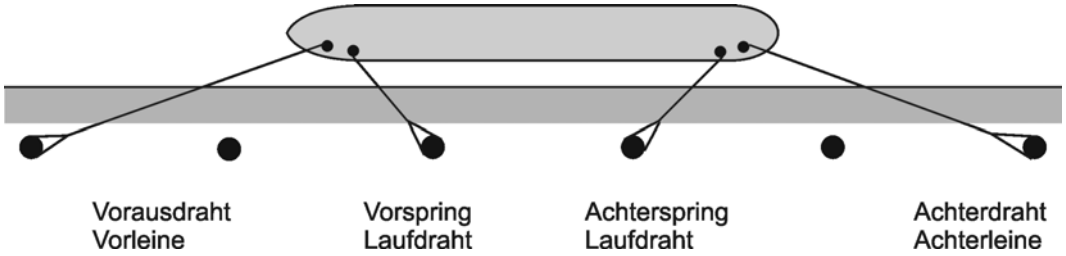


20-1 Gebräuchliche Knoten

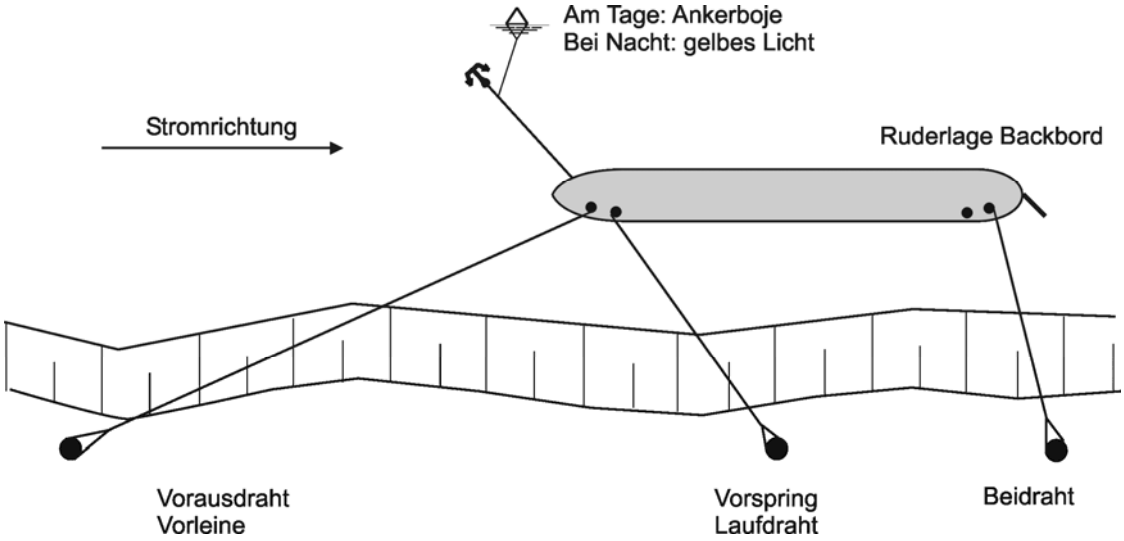
Festmachen eines Schiffes

Das Festmachen eines Schiffes erfolgt mit einem Vorausdraht (Vorleine) und einem Achterdraht (Achterleine). Um die Vor- und Achterausbewegungen zu begrenzen, wird zusätzlich eine Vor- und eine Achterspring (Laufdraht) ausgebracht. Zum Schutz der Bordwand werden Fender verwendet (Bild 20-2).

Liegt ein Schiff im Strom, wird statt der Achterspring ein Beidraht gesetzt. Darüber hinaus ist im Strom das Ruder nach Backbord zu legen, damit das Heck vom Land abgehalten wird (Bild 20-3) Damit der Bug vom Land abgehalten wird, ist ein Buganker auszubringen, der durch eine Ankerboje und bei Nacht durch ein gelbes Licht gekennzeichnet wird.



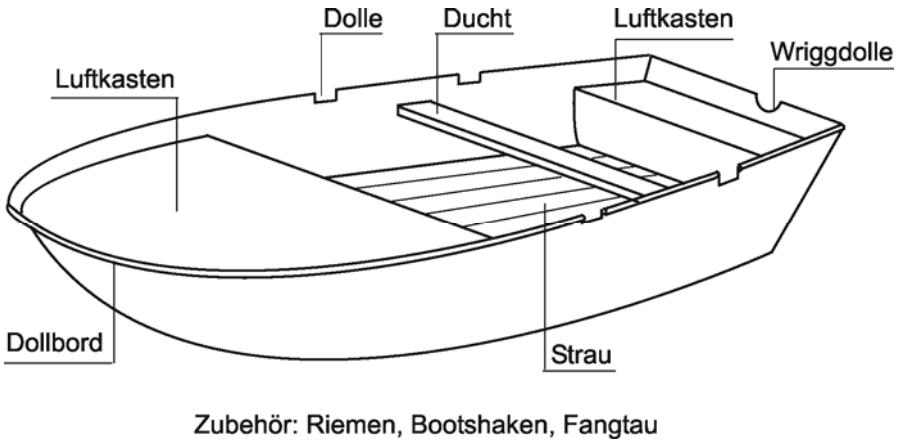
20-2 Festmachen eines Schiffes im Hafen



20-3 Festmachen eines Schiffes im Strom

Nachen (Bild 20-4)

Ein Nachen dient dem Verkehr zwischen Land und Schiff, dem Ausfahren von Ankern und Leinen sowie Arbeiten auf dem Wasser, z. B. Handpeilungen. Er wird durch Rudern oder Wriggen bewegt.
Zur Ausrüstung eines Nachens gehören die Riemen, ein Bootshaken und ein Fangtau.



20-4 Bezeichnung der Einzelteile eines Nachens

21 Binnenschifffahrt

21.1 Bedeutung der Binnenschifffahrt

Im Jahr 2008 wurden auf den Binnenschifffahrtsstraßen in Deutschland 243,7 Mio. t Güter transportiert. Dies entsprach einer Güterverkehrsleistung, in die neben der Transportmenge auch die Transportentfernung einfließt, von 64,1 Mrd. Tkm.
Die Binnenschifffahrt transportiert vor allem Massengüter in der Langstrecke. In zunehmendem Umfang werden Seecontainer im Hinterlandverkehr transportiert. Dabei spielt der Rhein eine besondere Rolle, da auf den größten Schiffen bis zu 500 Container transportiert werden können. Mineralölerzeugnisse und Gase werden zunehmend in Doppelhüllenschiffen transportiert. Besonders geeignet ist die Binnenschiff-

fahrt für den Transport schwerer und sperriger Güter, wobei Fahrzeuge im Roll-on-Roll-off-Verkehr befördert werden.
Im Jahr 2008 wurden 68 % der Verkehrsleistung auf dem Rhein transportiert, der für den Gütertranport besonders günstige Bedingungen bietet. Er verfügt über einen Großteil des Jahres über wirtschaftliche Abladetiefen sowie über ausreichende Fahrrinnenabmessungen und Brückendurchfahrtshöhen für einen 4-lagigen Containerverkehr.
Der Güterverkehr mit dem Binnenschiff ist besonders energiesparsam und umweltfreundlich. Der Primärenergieverbrauch der drei Landverkehrsträger beträgt an Dieselöläquivalent je 100 Tonnenkilometer

- Binnenschiff 1,3 Liter
- Eisenbahn 1,7 Liter
- LKW 4,1 Liter.

Die Binnenschifffahrt verursacht vergleichsweise geringe externe Kosten, z. B. durch Luftverschmutzung, Verkehrsunfälle und Verkehrslärm (externe Kosten sind Kosten, die nicht vom Verursacher, sondern von anderen beglichen werden):

- Die CO_2-Emissionen der Verkehrsträger betragen je Tonnenkilometer
  - Binnenschiff 33,4 Gramm
  - Eisenbahn 48,1 Gramm
  - LKW 164,0 Gramm
- Im Vergleich zu LKW und Eisenbahn ist die Binnenschifffahrt der sicherste Verkehrsweg im Güterverkehr. Die Unfallkostenrate in Cent je Tonnenkilometer liegt beim Straßengüterverkehr 18 Mal und beim Eisenbahngüterverkehr um 80 % höher als bei der Binnenschifffahrt.
- Die Schallemissionen am Rande des Verkehrsweges sind infolge der größeren Fahrwegbreite der Wasserstraße an den Wasserstraßen gegenüber Schiene und Straße deutlich geringer als am Rand der anderen Verkehrsträger.

21.2 Kennzeichen, Bezeichnung und Schallzeichen der Fahrzeuge

Kennzeichen der Fahrzeuge

Auf jedem Fahrzeug – mit Ausnahme der Kleinfahrzeuge und der Seeschiffe – müssen folgende Kennzeichen angebracht sein:

- der Name auf beiden Seiten des Fahrzeugs, auch von hinten sichtbar
- der Heimat- und Registerort entweder auf beiden Seiten oder am Heck des Fahrzeugs und der Buchstabe des Landes
- die amtliche Schiffsnummer, die aus 7 arabischen Ziffern besteht.

Außerdem müssen

- die Tragfähigkeit in Tonnen auf beiden Seiten des Fahrzeugs bzw. die höchstzulässige Anzahl der Fahrgäste angegeben sein.

Bei der Fahrt durch Schleusen müssen

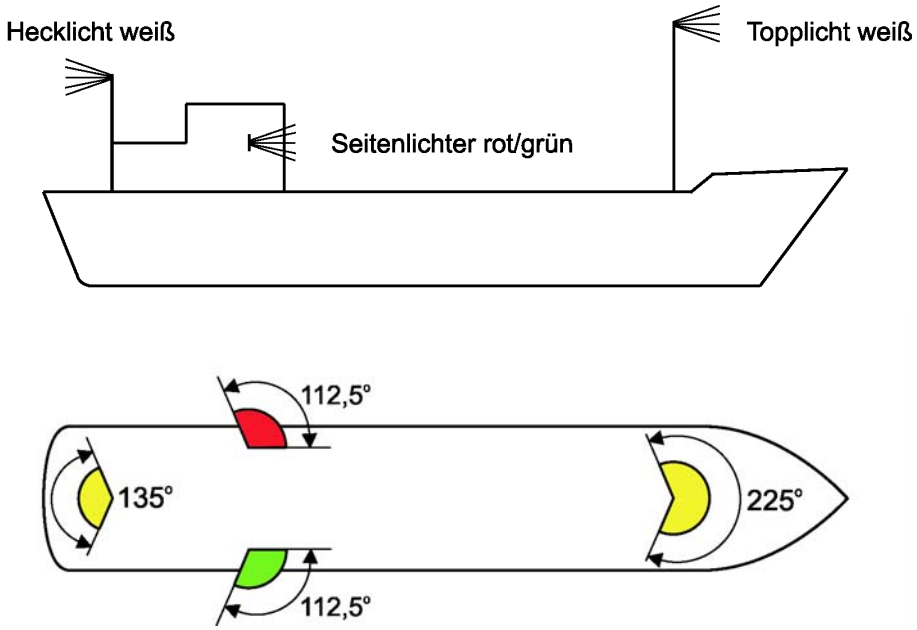
- Länge und Breite der Fahrzeuge von beiden Seiten gut sichtbar sein.

Bezeichnung der Fahrzeuge

Die Bezeichnung der Fahrzeuge erfolgt durch Lichter, Signalleuchten, Flaggen, Tafeln, Wimpel, Bälle und Kegel.
Ein Maschinenfahrzeug bis 110 m Länge in Fahrt führt bei Nacht folgende Lichter (Bild 21-1):

- Topplicht
  Ein weißes Licht, das über einen Horizontbogen von 225 Grad scheint, und zwar von vorn bis beiderseits 22,5 Grad hinter die Querlinie

- Seitenlichter
  Ein grünes Licht an der Steuerbordseite und ein rotes Licht an der Backbordseite, von denen jedes über einen Horizontbogen von 112,5 Grad, das heißt von vorn bis 22,5 Grad hinter die Querlinie, sichtbar ist
- Hecklicht
  Ein weißes Licht, das über einen Horizontbogen von 135 Grad, und zwar 67,5 Grad von hinten nach jeder Seite sichtbar ist.



21-1 Lichterführung eines Maschinenfahrzeuges bis 110 m in Fahrt

Nachfolgend sind die Bezeichnungen verschiedener Fahrzeuge erläutert:

- Maschinenfahrzeug von mehr als 110 m Länge
  Bei Nacht ist zusätzlich ein zweites Topplicht im Hinterschiff erforderlich, und zwar in größerer Höhe als das vordere Licht.
- Schubverband in Fahrt
  Auf dem Vorschiff des Fahrzeugs oder, bei mehreren Fahrzeugen, auf dem Vorschiff des linken der Fahrzeuge an der Spitze des Verbandes sind bei Nacht drei Topplichter zu führen. Diese Topplichter müssen in der Form eines gleichseitigen Dreiecks mit waagerechter Grundlinie angeordnet sein.
  Ein Topplicht ist auf dem Vorschiff jedes anderen Fahrzeugs zu führen, dessen ganze Breite von vorn sichtbar ist.
  Seitenlichter sind auf dem breitesten Teil des Verbandes zu führen.
  Drei Hecklichter sind auf dem schiebenden Fahrzeug und je ein Hecklicht auf jedem Fahrzeug, dessen Breite von hinten sichtbar ist, zu führen. Bei mehr als zwei von hinten sichtbaren Fahrzeugen ist das Hecklicht nur von den beiden äußeren Fahrzeugen zu führen.
- Gekuppelte Fahrzeuge in Fahrt
  Bei Nacht führt jedes Fahrzeug ein Topplicht, Seitenlichter sind an der Außenseite der äußeren Fahrzeuge zu setzen. Auf jedem Fahrzeug ist ein Hecklicht zu setzen.
- Fahrzeuge in Fahrt bei Beförderung bestimmter gefährlicher Güter nach ADNR (Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter auf Binnengewässern) (zusätzliche Bezeichnung)

Bestimmte entzündbare, gesundheitschädliche oder explosive Stoffe: bei Nacht ein blaues Licht bzw. zwei oder drei blaue Lichter, bei Tag ein blauer Kegel mit der Spitze nach unten bzw. zwei oder drei blaue Kegel.

- Schwimmende Geräte bei der Arbeit
  Nach der Seite oder den Seiten, wo die Durchfahrt frei ist: bei Nacht zwei grüne Lichter, bei Tag das Tafelzeichen E.1 (drei senkrechte Streifen grün, weiß, grün) oder zwei Doppelkegel übereinander.
  Nach der Seite, wo die Durchfahrt nicht frei ist: bei Nacht ein rotes Licht, bei Tag das Tafelzeichen A.1 (drei waagerechte Streifen rot, weiß, rot) oder ein roter Ball.

Gebräuchliche Schallzeichen der Fahrzeuge (Bild 21-2)
Die Dauer eines kurzen Tones beträgt etwa 1 Sekunde.
Die Dauer eines langen Tones beträgt etwa 4 Sekunden.

Allgemeine Zeichen		
▬	1 lange Ton	Achtung
●	1 kurzer Ton	Ich richte meinen Kurs nach Steuerbord
● ●	2 kurze Töne	Ich richte meinen Kurs nach Backbord
● ● ●	3 kurze Töne	Meine Maschine geht rückwärts
● ● ● ●	4 kurze Töne	Ich bin manövrierunfähig
● ● ● ● ● ●	Folge sehr kurzer Töne	Gefahr eines Zusammenstoßes
▬ ▬ ▬ ▬ ▬ ▬	Wiederholte lange Töne oder Gruppe von Glockenschlägen	Notsignal
▬ ●	1 kurzer Ton, 1 langer Ton	Bleib-weg-Signal (Gefahr durch frei werdende gefährliche Güter (Explosionsgefahr)
Überholzeichen		
▬ ▬ ●	2 lange Töne, 1 kurzer Ton	Ich will auf Ihrer Steuerbordseite überholen
▬ ▬ ● ●	2 lange Töne, 2 kurze Töne	Ich will auf Ihrer Backbordseite überholen
Wendezeichen		
▬ ●	1 langer Ton, 1 kurzer Ton	Ich wende über Steuerbord
▬ ● ●	1 langer Ton, 2 kurze Töne	Ich wende über Backbord

21-2 Gebräuchliche Schallsignale der Binnenschifffahrt

21.3 Verkehrsvorschriften

Verhalten der Verkehrsteilnehmer
Grundsätzlich hat der Schiffsführer alle Maßnahmen zu treffen, die die allgemeine Sorgfaltspflicht und die berufliche Übung gebieten, um

- die Gefährdung von Menschenleben und der Umwelt
- die Beschädigung von Fahrzeugen, Schifffahrtszeichen, Ufer- und Strombauwerken
- die Behinderung der Schifffahrt

zu vermeiden.

Darüber hinaus hat sich jeder Verkehrsteilnehmer so zu verhalten, dass die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs gewährleistet ist und dass kein anderer geschädigt, gefährdet oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar behindert oder belästigt wird. Er hat insbesondere die Vorsichtsmaßregeln zu beachten, die Seemannsbrauch oder besondere Umstände des Falles erfordern.

Verkehrsvorschriften auf den Binnenschifffahrtsstraßen

Auf Rhein, Mosel und Donau gelten aus Gründen der Zuständigkeit internationaler Stromkommissionen die Bestimmungen der

- Rheinschifffahrtspolizeiverordnung (RheinSchPV)
- Moselschifffahrtspolizeiverordnung (MoselSchPV)
- Donauschifffahrtspolizeiverordnung (DonauSchPV).

Auf den übrigen Binnenschifffahrtsstraßen, die Bundeswasserstraßen sind, gilt die

- Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung (BinSchStrO).

Die Verordnungen sind weitgehend deckungsgleich, weil sie nach Aufbau und Inhalt auf der von der UN/ECE empfohlenen Europäischen Binnenschifffahrtsstrassen-Ordnung CEVNI beruhen.
Die Verkehrsvorschriften beinhalten in ihrer geltenden Fassung auch lokale Vorschriften vorübergehenden Art, die von den jeweils zuständigen Wasser- und Schifffahrtsdirektionen erlassen werden und die jeder Fahrzeugführer kennen und beachten muss.

Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung

Anhand der BinSchStrO werden nachfolgend beispielhaft der Aufbau und der Inhalt einer Polizeiverordnung für die deutschen Binnenschifffahrtsstraßen erläutert.

Einführungsverordnung
mit u. a. Geltungsbereich, zuständigen Behörden, Ordungswidrigkeiten nach dem Binnenschifffahrtsaufgabengesetz

Erster Teil

Kapitel 1 – Allgemeine Bestimmungen. Behandelt bzw. geregelt werden:
Pflichten des Schiffsführers und der Besatzung
Allgemeine Sorgfaltspflicht der Verkehrsteilnehmer
Verhalten unter besonderen Umständen
Anforderungen an die Beladung und Höchstzahl der Fahrgäste
Bau, Ausrüstung und Besatzung der Fahrzeuge
Besetzung des Ruders
Mitführen von Urkunden und sonstigen Unterlagen
Schifffahrtshindernisse
Schutz der Schifffahrtszeichen
Rettung und Hilfeleistung
Festgefahrene oder gesunkene Fahrzeuge, Anzeige von Unfällen
Freimachen des Fahrwassers
Laden, Löschen und Leichtern

Kapitel 2 – Kennzeichnen und Tiefgangsanzeiger der Fahrzeuge; Schiffseichung

Kapitel 3 – Bezeichnung der Fahrzeuge

Kapitel 4 – Schallzeichen der Fahrzeuge, Sprechfunk, Radar

Kapitel 5 – Schifffahrtszeichen und Bezeichnung der Wasserstraße
Kapitel 6 – Fahrregeln
Kapitel 7 – Regeln für das Stillliegen
Kapitel 8 – Zusatzbestimmungen
Höchstabmessungen der Fahrzeuge, Bezeichnung beim Einsatz von Tauchern usw.
Kapitel 9 – Fahrgastschifffahrt

Zweiter Teil
Zusätzliche Bestimmungen für einzelne Binnenschifffahrtstraßen
(Kapitel 10 bis Kapitel 27)

Dritter Teil
Umweltbestimmungen
Kapitel 28 – Gewässerschutz und Abfallbeseitigung auf Fahrzeugen

Anlagen
Bezeichnung der Fahrzeuge, Schallzeichen, Schifffahrtszeichen, Bezeichnung der Wasserstraße usw. mit Erläuterungen und Abbildungen.

21.4 Befähigungszeugnisse

Berufsschifffahrt auf Binnenschifffahrtsstraßen

Grundlage für die Erteilung von Befähigungsnachweisen für die Berufsschifffahrt auf den deutschen Binnenschifffahrtsstraßen ist zum einen die „Rheinpatentverordnung“ für die Fahrt auf dem Rhein und zum anderen die „Binnenschifferpatentverordnung“ für die Fahrt von Binnenschiffen auf den übrigen Bundeswasserstraßen. Darüber hinaus sind für die Fahrt mit Radar die „Radarpatentverordnung“ und bei der Beförderung gefährlicher Güter die „Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf dem Rhein“ (ADNR) sowie die „Gefahrgutverordnung Binnenschifffahrt“ zu beachten.

Rheinpatentverordnung

Der Bewerber um ein Rheinpatent muss mindestens 21 Jahre alt sein, er muss vier Jahre Fahrzeit als Mitglied einer Decksmannschaft nachweisen, davon an Bord eines Fahrzeugs mit Maschinenantrieb in der Binnenschifffahrt mindestens zwei Jahre als Matrose, Matrosen-Motorenwart oder ein Jahr als Bootsmann, wobei 180 Fahrtage als ein Jahr gerechnet werden. Der Bewerber muss Inhaber eines Sprechfunkzeugnisses sein (nur beim Erwerb des Großen und Kleinen Patents) sowie die Strecke, die das Rheinpatent umfassen soll, als Matrose, Matrosen-Motorenwart, Bootsmann oder Steuermann an Bord von Fahrzeugen mit eigener Triebkraft mindestens 16 Mal in den letzten10 Jahren befahren haben, davon mindestens drei Mal zu Berg und drei Mal zu Tal innerhalb der letzten drei Jahre vor Antragstellung.
Als Belege dienen die Schifferdienstbücher, die ordnungsgemäß geführt und von einem Wasser- und Schifffahrtsamt geprüft sein müssen. Der Bewerber muss eine schriftliche und mündliche Prüfung ablegen. Zuständig für die Abnahme von Prüfungen und die Erteilung der Rheinpatente sind die Wasser- und Schifffahrtsdirektionen West, Südwest und Süd.

- Großes Patent
  Es berechtigt zum Führen aller Fahrzeuge
- Kleines Patent

Es berechtigt zum Führen eines Fahrzeuges von weniger als 35 m Länge (ausgenommen sind Schlepp- oder Schubboote, gekoppelte Fahrzeuge) oder zum Führen eines Fahrzeugs, das zur Beförderung von nicht mehr als 12 Fahrgästen bestimmt ist

- Sportpatent
  Es berechtigt zum Führen eines Sportfahrzeuges von weniger als 25 m Länge
- Kanalpenichenpatent
  Es berechtigt zum Führen von Kanalpenichen auf der Strecke zwischen Basel und der Schleuse Iffezheim
- Behördenpatent
  Es berechtigt zum Führen von Behördenfahrzeugen und Feuerlöschbooten.

Binnenschifferpatentverordnung

Der Bewerber um ein Schifferpatent muss mindestens 21 Jahre alt sein, er muss vier Jahre als Mitglied einer Decksmannschaft an Bord eines Fahrzeugs mit Maschinenantrieb in der Binnenschifffahrt nachweisen, davon mindestens zwei Jahre als Matrose oder Matrosen-Motorenwart oder ein Jahr als Bootsmann, wobei 180 Fahrtage als ein Jahr gerechnet werden. Der Bewerber muss die Fahrzeiten anhand von Schifferdienstbüchern nachweisen, die ordnungsgemäß geführt und von einem Wasser- und Schifffahrtsamt geprüft sein müssen. Er muss Inhaber eines Sprechfunkzeugnisses sein (nur bei Patenten Klasse A, B und C). Der Bewerber muss eine schriftliche und mündliche Prüfung ablegen, in der auch für bestimmte Binnenschifffahrtsstraßen eine besondere Streckenkunde nachzuweisen ist.

- Schifferpatent A (Klasse A)
  Es berechtigt zum Führen aller Fahrzeuge auf Binnenschifffahrtsstraßen und Seeschifffahrtsstraßen bis zu der Grenze der Seefahrt
- Schifferpatent B (Klasse B)
  Es berechtigt zum Führen aller Fahrzeuge auf Binnenschifffahrtsstraßen
- Schifferpatent C1 (Klasse C1)
  Es berechtigt zum Führen von Fahrzeugen mit einer Länge von weniger als 35 m, ausgenommen zur Beförderung von mehr als zwölf Personen zugelassene Fahrgastschiffe und Schub- und Schleppboote mit mehr als 73,6 kW Antriebsleistung, auf Binnenschifffahrtsstraßen und Seeschifffahrtsstraßen bis zu der Grenze der Seefahrt
- Schifferpatent C2 (Klasse C2)
  Es berechtigt zum Führen der Fahrzeuge des Patentes C1 auf Binnnenschifffahrtsstraßen
- Feuerlöschbootpatent D1 (Klasse D1)
  Es berechtigt zum Führen von Feuerlöschbooten, Fahrzeugen des Zivil- und Katastrophenschutzes auf Binnenschifffahrtsstraßen und Seeschifffahrtsstraßen bis zu der Grenze der Seefahrt
- Feurlöschbootpatent D2 (Klasse D2)
  Es berechtigt zum Führen der Fahrzeuge des Feuerlöschbootpatentes D1 auf Binnenschifffahrtsstraßen
- Sportschifferzeugnis (Klasse E)
  Es berechtigt zum Führen von Sportfahrzeugen mit einer Länge von nicht mehr als 25 m auf Binnenschiffahrtsstraßen
- Fährführerschein (Klasse F)
  Er berechtigt zum Führen von Fähren für eine bestimmte Fährstelle. Er wird auch für Fährstrecken auf dem Rhein erteilt, da die Rheinpatentverordnung keine Regelung enthält und insoweit auf nationale Vorschriften verweist.

Für die Donau außerhalb des Geltungsbereiches der Binnenschifferpatentverordnung ist das „Donaukapitänspatent“ erforderlich.

Ausnahmen von der Patentpflicht bestehen, sofern der Führer des Dienstfahrzeugs einen amtlichen Berechtigungsschein seiner Dienststelle besitzt:

- Dienstfahrzeuge der Bundeswehr, der Bundeszollverwaltung, der Bundespolizei, der Bereitschaftspolizei und der Wasserschutzpolizei der Länder mit einer Länge von nicht mehr als 25 Meter.
- Dienstfahrzeuge des Zivil- und Katastrophenschutzes, der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, der Schifffahrtsverwaltung eines Landes und der Feuerwehr mit einer Länge von weniger als 15 Metern.

Sportschifffahrt auf Binnenschifffahrtsstraßen

- Sportbootführerschein-Binnen
  Amtlicher Schein, der zum Führen von Sportbooten mit Antriebsmaschine > 3,68 kW auf den Binnenschifffahrtsstraßen des Bundes vorgeschrieben ist. Er gilt für Sportfahrzeuge < 15 m Länge.
- Sportschifferzeugnis – Sportpatent
  Für das Führen von Sportfahrzeugen (mit Antriebsmaschine oder unter Segel) mit einer Länge von 15 m bis weniger als 25 m ist auf allen Binnenschifffahrtsstraßen des Bundes ein Sportschifferzeugnis nach der Binnenschifferpatenverordnung und auf dem Rhein ein Sportpatent nach der Rheinpatentverordnung erforderlich.

21.5 Binnenschiffe auf deutschen Wasserstraßen (Bild 21-3)

Die wichtigsten Schiffsgattungen der Güterschifffahrt sind das Motorschiff (60 %) und der Schubleichter (40 %). Sie verkehren in drei Zusammenstellungen:

- als einzeln fahrende Gütermotorschiffe (GMS) und Tankmotorschiffe (TMS)
- als längsseits gekuppelte Fahrzeuge
- als Schubverbände, bestehend aus
  - einem schiebenden GMS oder TMS und geschobenen Schubleichtern
  - einem Schubboot und bis zu 6 Schubleichtern.

In den vergangenen Jahren hat die Anzahl der Fahrzeuge mit höherer Tragfähigkeit zugenommen. Schiffe mit einer Länge bis 135 m, einer Breite bis 17,35 m und einem Tiefgang bis 4,13 m haben eine Tragfähigkeit von über 5 000 t.

Schiffstyp	WStr.-Klasse	Länge (m)	Breite (m)	Tiefgang (m)	Tragfähigkeit (t)
Saarschiff (Peniche)	I	38,50	5,00	1,80	270
"Theodor Bayer" (Peniche)	I	38,50	5,05	2,40	370
Groß-Finow-Maßkahn	I	41,00	5,10	1,75	270
Neckarschiff	I	45,00	7,00	1,65	360
Maasspitz	I	45,50	5,05	2,20	270
Berliner Maßkahn	I	46,00	6,60	1,75	350
Mainschiff	II	50,00	7,50	1,65	420
Kempenaar	II	50,00	6,60	2,50	620
"Oskar Teubert"	II	53,00	6,29	2,50	562
"Karl Vortisch"	II	57,00	7,04	2,40	605
BM-500	II	57,00	9,00	1,60	630
Groß-Plauer-Maßkahn	III	67,00	8,20	2,00	760
"Gustav Koenigs"	III	67,00	8,20	2,50	927
Dortmund-Ems-Kanal	IV	76,00	8,20	2,50	950
"Johann Welker"	IV	80,00	9,50	2,50	1.250
Rhein-Herne-Kanal-Kahn (Europaschiff)	IV	80,00	9,50	2,50	1.350
Rheinschiff (Großmotorgüterschiff)	Va	100,00	11,40	3,50	3.000
Rhein-Tankschiff	Va	110,00	11,40	3,50	3.000
Ro-Ro-Schiff (Autotransport)	Va	110,00	11,40	2,20	4 Ladeebenen
Schubverband mit 1 Leichter	Va	90,00	11,40	3,00	2.000
Containerschiff	VIb	135,00	17,00	3,70	470 TEU
Schubverband mit 4 Leichtern	VIb	193,00	22,80	3,70	11.000

21-3 Binnenschiffe auf deutschen Wasserstraßen

21.6 Schiffsuntersuchung

Bevor ein Binnenschiff zum Verkehr auf den Wasserstraßen zugelassen wird, müssen seine Fahrtüchtigkeit und Sinksicherheit geprüft sein. Diese Überprüfung ist Aufgabe der Schiffsuntersuchungskommission (SUK).

Grundlagen für die Aufgabe der SUK sind die Rheinschiffsuntersuchungsordnung (RheinSchUO), die Binnenschiffsuntersuchungsordnung (BSchUO) und die Fährenordnung. Werden bei einem Schiff keine Mängel festgestellt, stellt die SUK ein Schiffsattest aus. Neben der Bescheinigung der Fahrtüchtigkeit sind im Attest der Fahrbereich, die Ausrüstung und die Bemannung festgelegt.

Zur Ausrüstung eines Schiffes gehören z. B.

- erforderlich starke Motoren
- Anker mit Ketten
- Rettungsmittel
- Poller
- Flaggen, Tafeln, Beleuchtung
- Laufplanke
- in der Regel Sprechfunk
- evtl. Propangasanlagen, die von einem Sachverständigen geprüft sein müssen.

Zur Bemannung eines Schiffes gehören je nach Bauart und Verwendungszweck des Fahrzeugs

- Schiffsführer
- Steuerleute
- Matrosen
- Matrosenmotorenwärter
- Maschinisten
- Schiffsjungen.

Die SUK untersucht nicht nur neue Fahrzeuge, sondern turnusmäßig auch alle im Betrieb befindlichen Fahrzeuge. Auch Umbaumaßnahmen von Fahrzeugen erfordern Nach- oder Sonderuntersuchungen. Darüber hinaus wird die SUK auch bei Havarien hinzugezogen.

Die Schiffsatteste haben eine unterschiedliche Gültigkeitsdauer. Sie beträgt für Güterschiffe maximal 10 Jahre und für Tankschiffe, Fahrgastschiffe und Fähren maximal 5 Jahre.

Die Schiffsuntersuchungskommissionen sind Außenstellen der Zentralstelle Schiffsuntersuchungskommission/Schiffseichamt (ZSUK/SEA) mit Sitz bei der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest in Mainz. Die Außenstellen befinden sich in Hamburg, Duisburg, Magdeburg, Berlin und Mannheim.

Eine Schiffsuntersuchungskommission besteht in der Regel aus:

1. dem Vorsitzenden
2. dem Geschäftsführer
3. Sachverständigen für Maschinenbau, Schiffbau und Nautik (Schiffsführer mit Patent), wovon einer Mitglied der Binnenschifffahrtsberufsgenossenschaft ist.

21.7 Schiffseichung

Die Eichung eines Güterschiffes dient der Feststellung der Tragfähigkeit eines Schiffes. Grundlage für die Eichung ist die Verordnung über die Eichung von Binnenschiffen. Die Eichung wird durch den Eichsachverständigen und den Eichgehilfen durchgeführt. Die Ausstellung des Eichscheines erfolgt durch die Zentralstelle Schiffsuntersuchungskommission/Schiffseichamt (ZSUK/SEA) mit Sitz bei der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest in Mainz. Die Eichsachverständigen sind in den der ZSUK/SEA angegliederten Außenstellen in Hamburg, Duisburg, Magdeburg, Berlin und Mannheim stationiert. Das Schiffseichamt wird technisch vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie beaufsichtigt. Bei der Eichung wird das Schiff als Messgerät betrachtet. Nach dem Archimedischen Prinzip erfährt ein Körper beim Eintauchen in eine Flüssigkeit eine nach oben gerichtete Auftriebskraft. Diese entspricht dem Gewicht der vom Körper verdrängten Flüssigkeit. Ein Schiff schwimmt demnach, wenn sein Gewicht und das der verdrängten Flüssigkeit gleich sind.

Die Neueichung eines Schiffes dient der Ausstellung eines Eichscheines. Anhand des Eichscheines kann bei einer Eichaufnahme das Gewicht des Schiffes bzw. der Ladung festgestellt werden.

Neueichung

Alle neu- oder umgebauten Güterschiffe müssen geeicht werden. Zu diesem Zweck soll das Fahrzeug sauber und leer sein und in ruhigem Wasser liegen. Die gesamte Ausrüstung des Fahrzeuges soll vorhanden und die Besatzung an Bord sein. Der Eichsachverständige stellt nun bei dem Fahrzeug die Leerebene durch in Augenscheinnahme fest und markiert sie.

Anschließend wird die obere Eichebene unter Berücksichtigung des Mindestfreibords festgelegt. Der Mindestfreibord ist der Abstand zwischen der oberen Eichebene und der tiefsten Stelle am Schiff, an der Wasser eindringen kann. Er beträgt in der Regel 30 cm.

Die obere Eichebene und die Leerebene begrenzen den Eichraum. Zur Aufmessung des Schiffes wird der Eichraum in mehrere Eichschichten und Teillängen (Mittelteil, hinterer und vorderer Endteil sowie hinterer und vorderer Überhang) eingeteilt. An den Schnittpunkten der Eichschichten und Teillängen werden die Stichmaße mit Hilfe von Lot bzw. Winkel und Meterstab abgelesen. Anhand der ermittelten Breiten und Stichmaße werden die Flächen für die einzelnen Eichschichten ermittelt. Die berechneten Flächen werden in Abhägigkeit von der Eintauchung als sog. Arealkurve aufgetragen. Aus den Flächeninhalten der Eichschichten wird die Verdrängung für die im Eichschein aufgeführten Tiefgänge ermittelt.
Abschließend kann der Eichschein vom Eichsachverständigen ausgestellt werden. Im Eichschein ist die Tragfähigkeit für jeden Zentimeter Eintauchung angegeben.
Nach der Eichung werden an den Seiten des Schiffes paarweise Eichmarken angebracht. Schiffe bis zu 40 m Länge erhalten zwei, alle anderen Schiffe drei Eichmarkenpaare. Jede Eichmarke besteht aus einem waagerechten Strich von 30 cm Länge, der in der Ebene der größten Eintauchung liegt, und aus einem senkrechten Strich von 20 cm Länge, der von der Mitte des waagerechten Striches nach unten abgesetzt ist. Die Striche werden eingeschlagen oder eingemeißelt.
Innerhalb des Rechtecks der mittleren Eichmarken wird das Eichzeichen, das aus den Kennbuchstaben des Schiffseichamtes und der Nummer des Eichscheins besteht, eingeschlagen. Bei nur zwei Eichmarkenpaaren wird das Eichzeichen an den hinteren Eichmarkenpaaren eingeschlagen.
Unter jeder Eichmarke kann eine Eichskala angebracht werden. Der Nullpunkt dieser Skala bezieht sich auf die tiefste Stelle des beladenen Schiffes. Im Abstand von je 10 cm werden die Zahlen für den Tiefgang hinzugefügt.
Schiffe, die nicht zur Beförderung von Gütern dienen, und Sportboote können auf Antrag geeicht werden. Ziel dieser Eichung ist die Feststellung der maximalen Verdrängung.

Eichaufnahme

Eine Eichaufnahme (Vordruck 21-4) dient der Ermittlung des Ladungsgewichtes. Dazu sind folgende Schritte erforderlich:

1. Ablesen aller Eichskalen des beladenen Schiffes
2. Addieren dieser Werte, anschließend Division durch die Anzahl der Eichskalen
3. Ablesen der Tragfähigkeit bei dieser arithmetich gemittelten Tauchtiefe aus dem Eichschein (Bild 21-5)
4. Wiederholen dieses Vorgehens nach dem Löschen der Ladung
5. Ermitteln des Ladungsgewichts durch die Differenz der beiden Tragfähigkeiten.

Die Eintauchungen wurden
☐ an den Eichskalen abgelesen
☒ durch Messungen bestimmt von U. K. Eichmarke

Dichte des Wassers γ = 1,000

benutztes Messgerät: Zollstock

Leeraufnahme am 03.12.2008 um 09.55 Uhr

Wasserspiegel	Schiff liegt	Ablesung in cm
☒ ruhig	☒ ruhig	
☐ bewegt	☐ unruhig	
☐ unruhig		

Messung	Abstand Messpunkt vom Skalennull	Abstand Messpunkt vom Wasserspiegel	Differenz-Eintauchung
Bb. vorn	227	140	87
Bb. Mitte	227	125	102
Bb. hinten	227	115	112
Stb. vorn	227	141	86
Stb. Mitte	227	126	101
Stb.hinten	227	116	111

Summe der Tauchungen: 599
Anzahl der Ablesungen: 6
Gemittelte Eintauchung = 99,8 cm
Zunahme für 1 cm x Dezimalwert: 4600 x 0,8
= 3,680 m³
Wasserverdrängung beim letzten vollen cm: + 165,143 m³
Wasserverdrängung x γ: 168,823 x 1,0
Gesamtgewicht = 168,823 t
Abzug für Mehrgewicht: –
Ladungsgewicht: 168,823 t

Vollaufnahme am 03.12.2008 um 15.30 Uhr

Ladung	Ladung transportiert	Wassersp.	Schiff liegt	Ablesung in cm
☒ trocken	☒ offen	☒ ruhig	☒ ruhig	
☐ feucht	☐ ab-gedeckt	☐ bewegt	☐ unruhig	
☐ nass		☐ unruhig		

Messung	Abstand Messpunkt vom Skalennull	Abstand Messpunkt vom Wasserspiegel	Differenz-Eintauchung
Bb. vorn	227	6	221
Bb. Mitte	227	5	222
Bb. hinten	227	4	223
Stb. vorn	227	5	222
Stb. Mitte	227	5	222
Stb.hinten	227	4	223

Summe der Tauchungen: 1333
Anzahl der Ablesungen: 6
Gemittelte Eintauchung = 222,2 cm
Zunahme für 1 cm x Dezimalwert: 4885 x 0,2
= 0,977 m³
Wasserverdrängung beim letzten vollen cm: + 750,843 m³
Wasserverdrängung x γ: 751,820 x 1,0
Gesamtgewicht = 751,820 t
Abzug für Mehrgewicht: –
Ladungsgewicht: 751,820 t
– 168,823 t
Das Gewicht beträgt: 582,997 t

21-4 Vordruck für die Eichaufnahme (Auszug) (handschriftliche Eintragungen in Rot)

Mittlere Zunahme je cm 4,600 m³	Gemittelte Eintauchung je cm	Entsprechende Verdrängung in m³
	91	128,343
	2	132,943
	3	137,543
	4	142,143
	95	146,743
	6	151,343
	7	155,943
	8	160,543
	9	165,143
	100	169,743

Mittlere Zunahme je cm 4,885 m³	Gemittelte Eintauchung je cm	Entsprechende Verdrängung in m³
	1	745,958
	2	750,843
	3	755,728
	4	760,613
	225	765,498
	6	770,383
	227	775,268
	8	
	9	
	0	

21-5 Auszüge aus dem Eichschein

21.8 Verkehrssicherungssysteme auf Binnenschifffahrtsstraßen

Nautischer Informationsfunk (NIF)

Der Verkehrskreis „Nautische Information“ im Binnenschifffahrtsfunk dient der Übermittlung von Nachrichten, die sich auf den Schutz von Personen oder auf die Fahrt oder die Sicherheit von Schiffen beziehen.

Das Personal der Revierzentralen und der Schleusen gibt Anweisungen für die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt. Das Personal der Revierzentralen erteilt im Rahmen seiner Befugnisse Anweisungen bei besonderen Ereignissen.

Bekanntmachungen der Behörden erfolgen als Ruf an alle Schiffsfunkstellen:

- Lagemeldungen (z. B. Baustellen)
- Einzelmeldungen (bei bedeutenden Ereignissen wie z. B. Bekanntgabe von Verkehrsregelungen nach Havarien)
- Wasserstandsmeldungen.

Mitteilungen und Anfragen aus der Schifffahrt sind

- Notmeldungen (bei unmittelbarer Gefährdung von Mensch und Schiff)
- Dringlichkeitsmeldungen (Nachrichten, die die Sicherheit der Besatzung oder des Schiffes betreffen)
- Mitteilungen (z. B. wichtige nautische Warnnachrichten oder wichtige Wetterwarnung).

Elektronisches Wasserstraßen-Informationssystem (ELWIS)

ELWIS ist die spezielle Homepage der WSV für nautische Informationen und Hinweise an alle Schifffahrtstreibenden. Diese Informationen und Hinweise sind u. a.:

- Nachrichten für die Binnenschifffahrt
- Bekanntmachungen für Seefahrer
- Gewässerkundliche Informationen
- Schifffahrtsrecht/Schiffsuntersuchung
- Daten der Binnenwasserstraßen.

Melde- und Informationssystem Binnenschifffahrt (MIB)

Durch das MIB werden Transportdaten zur Weitergabe bei Havarien an die Rettungsdienste und die für die Gefahrenabwehr zuständigen Stellen erfasst und vorgehalten. Dadurch kann bei Unfällen zum Schutz der Schiffsbesatzungen, der Bevölkerung und der Umwelt schnell und zweckmäßig gehandelt werden.

Das Meldegebiet umfasst den Rhein, die Mosel, die Saar von der Mündung bis Kanzem, den Main von der Mündung bis Hanau, die westdeutschen Kanäle und den Schifffahrtsweg Rhein-Kleve.

Verkehrserfassungssystem MOVES

Die Daten des Verkehrserfassungssystems dienen der Verbesserung des Verkehrsablaufs auf staugeregelten Wasserstraßen.

Die MOVES-Daten sind in den MIB-Daten enthalten, so dass Fahrzeuge, die in MIB ihre Erstmeldung abgegeben haben, auch ihre Meldepflicht aus MOVES erfüllt haben.

Lichtwahrschau in der Gebirgsstrecke des Rheins

Zwischen Oberwesel und St. Goar besteht auf 5 km Länge wegen des tief eingeschnittenen, stark gewundenen und engen Rheintales weder eine ausreichende Sicht noch eine direkte UKW-

Sprechfunkverbindung von Schiff zu Schiff. Je nach Art der beteiligten Fahrzeuge muss eine Begegnung in den Kurven vermieden werden. Dabei hat wegen der Strömung nur die Bergfahrt die Möglichkeit zu warten. Dazu muss sie aber wissen, ob und welche Schiffe ihr zu Tal entgegenkommen. Der Begegnungsverkehr ist wie folgt geregelt:
Der Bergfahrt wird die Annäherung von Talfahrern – mit Ausnahme von Kleinfahrzeugen – an den Signalstellen „Betteck", „Gegenüber der Loreley" und „An der Bank" angezeigt. Jede dieser Signalstellen zeigt der Bergfahrt ihre Zeichen auf übereinander stehenden Feldern, die den einzelnen Teilstrecken zugeordnet sind. Die Kombination der weißen Lichtlinien symbolisiert die Art des Schiffes oder Verbandes. Die Wahrschau ist 24 Stunden am Tag ganzjährig in Betrieb.

Elektronische Wasserstraßenkarte (Inland ECDIS, ARGO)
Inland ECDIS ist ein System zur elektronischen Darstellung von Binnenschifffahrtskarten. ARGO ist die deutsche Anwendung des Inland ECDIS Standards. Die Besonderheit von ARGO ist die Darstellung von Tiefenlinien unter dem jeweiligen aktuellen Wasserstand (Weitere Ausführungen s. Kapitel 8.7).

22 Seeschifffahrt

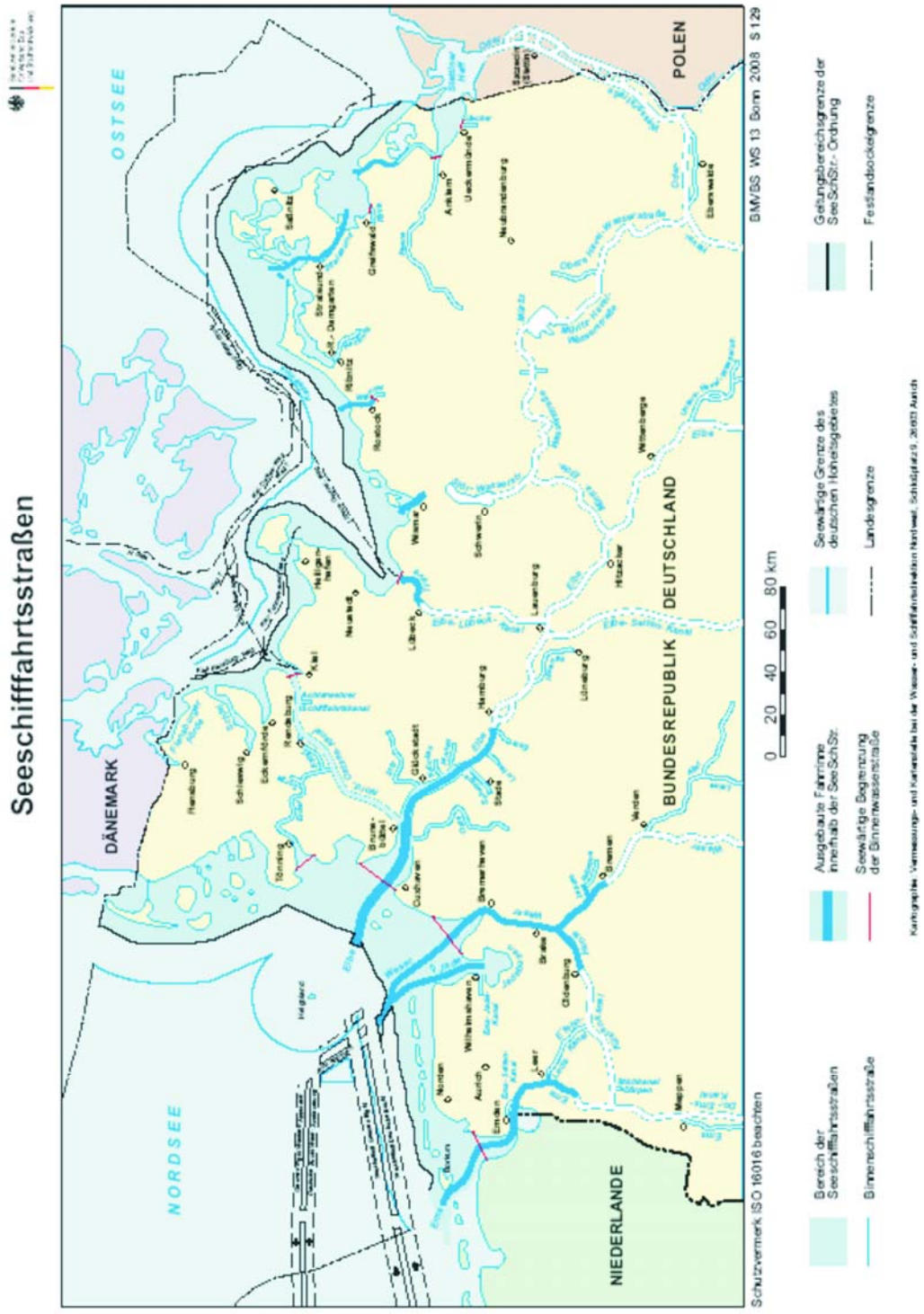
22.1 Allgemeines

Für Deutschland als Industrie- und Exportnation ist die Seeschifffahrt von besonderer Bedeutung. Seeschiffe werden für den Außenhandel benötigt, sie versorgen Deutschland vor allem mit den erforderlichen Rohstoffen. Im Jahr 2008 wurden in den deutschen Seehäfen mehr als 300 Mio. Tonnen Güter umgeschlagen.
Als Seeschifffahrt wird der Schiffsverkehr auf den Seeschifffahrtsstraßen bezeichnet. Seeschifffahrtsstraßen (Bild 22-1) sind die Seewasserstraßen der Nord-und Ostsee und für die Seeschiffahrt zugelassene Binnenwasserstraßen: Von See aus die Ems bis oberhalb Leer, die Jade, die Weser bis Bremen, die Elbe bis Hamburg, der Nord-Ostsee-Kanal, die Trave und die Zufahrten zu den Seehäfen Wismar, Rostock und Stralsund.
Generell unterscheidet man die Küstenschifffahrt von der Hochseeschifffahrt. Als Küstenschiffahrt wird der Transport von Gütern und Personen in küstennahen Gewässern bezeichnet. Dieser Verkehr wird mit Küstenmotorschiffen (Kümos) durchgeführt. Ein Kümo verfügt über eine relativ hohe Tragfähigkeit bei einem Tiefgang von drei bis fünf Metern.
Frachtschiffe, die als Zulieferer und Verteiler großer Seeschiffe dienen, werden als Feederschiffe bezeichnet. Als Feederschiffe werden Kümos, aber auch Seeschiffe mit mehr als tausend Containern herangezogen.
In der Frachtschifffahrt werden im Wesentlichen Massengutfrachter (auch Bulkcarrier oder Schüttgutfrachter genannt), Tanker und Containerschiffe eingesetzt.
Von diesen Schiffstypen nimmt das Containerschiff im Seeverkehr eine herausragende Stellung ein. Seit vierzig Jahren wird der Container zum Be- und Entladen, zum Transport und zur Lagerung verwendet. Voraussetzung für seine weltweite Verbreitung war die internationale Normung, so dass alle Umschlageinrichtungen und Transportfahrzeuge den Containerabmessungen angepasst werden konnten. Die Maßeinheit des Standardcontainers ist TEU (Twenty-Feet-Equivalent-Unit), die 20-Fuß-Vergleichseinheit. Dieser Container ist zwanzig Fuß (ca. 6,10 m) lang, acht Fuß (ca. 2,40 m) breit und hoch. Die Vorteile des Containers bestehen darin, dass

- die verschiedenen Stückgüter zu größeren und einheitlichen Ladungen zusammengefasst werden können
- er universell auf Schiff, Bahn und Lkw einsetzbar ist

- eine geschlossene Transportkette zwischen denTransportmitteln ermöglicht wird, also ein Umladen beim Güterumschlag entfällt.

Die heutigen Containerschiffe fassen im Durchschnitt 8 000 TEU. Die größten Schiffe haben eine Kapazität von über 13 000 TEU bei einem Tiefgang von 16 Metern. Diese Schiffe können aufgrund des Tiefgangs nur wenige Häfen in Europa anlaufen. Den Hafen Hamburg, den größten deutschen Seehafen, können Schiffe mit einem Tiefgang bis zu 11,90 Metern tideunabhängig erreichen und verlassen. Es ist vorgesehen, die Elbe unterhalb von Hamburg für einen Tiefgang von 12,80 Metern auszubauen.



22-1 Seeschifffahrtsstraßen

22.2 Kennzeichen, Bezeichnung und Schallzeichen der Fahrzeuge

Kennzeichen der Fahrzeuge

Seeschiffe müssen ihren Namen an jeder Seite des Bugs und ihren Namen und Heimathafen am Heck in gut sichtbaren Schriftzeichen führen.

Bezeichnung der Fahrzeuge

Die Bezeichnung der Fahrzeuge erfolgt durch Lichter, Flaggen, Tafeln, Bälle, Kegel, Rhomben und Zylinder.

Bei Fahrzeugen unter 50 m Länge entspricht die Lichterführung der Bezeichnung eines Binnenschiffs. Im seemännischen Sprachgebrauch der Kollisionsverhütungsregeln, in denen die Lichterführung geregelt ist, wird z. B. der Sektor eines Topplichts „von recht voraus bis 22,5 Grad achterlicher als querab“ beschrieben.

Bei Fahrzeugen von 50 m Länge und mehr ist ein zweites Topplicht achterlicher und höher als das vordere zu führen.

Nachfolgend sind die Bezeichnungen verschiedener Fahrzeuge erläutert:

- Schwimmendes Gerät bei der Arbeit
  Bei Nacht: Drei Rundumlichter senkrecht übereinander, das obere und das untere Licht müssen rot, das mittlere weiß sein. Bei Tag: 3 Signalkörper übereinander, der obere und untere Signalkörper muss ein schwarzer Ball sein, der mittlere ein schwarzer Rhombus.
  Außerdem sind auf der Passierseite zwei grüne Rundumlichter bzw. zwei schwarze Rhomben senkrecht übereinander zu setzen. An der Seite, die nicht passierbar ist, sind zwei rote Rundumlichter bzw. zwei schwarze Rhomben zu setzen.
- Manövrierunfähiges Fahrzeug über 12 m Länge (keine Fahrt durchs Wasser)
  Zwei rote Rundumlichter bzw. zwei schwarze Bälle übereinander.

Gebräuchliche Schallzeichen der Fahrzeuge (Bild 22-2)

Die Dauer eines kurzen Tones beträgt etwa 1 Sekunde.

Die Dauer eines langen Tones beträgt 4 bis 6 Sekunden.

Allgemeine Zeichen		
▬	1 langer Ton	Achtung
▬ ● ● ● ●	1 langer Ton, 4 kurze Töne	Gefahr- und Warnsignal
▬ ● ● ● ●	1 langer Ton, 4 kurze Töne	Bleib-weg-Signal (Gefahr durch frei werdende gefährliche Güter (Explosionsgefahr)
● ▬	1 kurzer Ton, 1 langer Ton	
Kursänderungssignale		
●	1 kurzer Ton	Ich ändere meinen Kurs nach Steuerbord
● ●	2 kurze Töne	Ich ändere meinen Kurs nach Backbord
● ● ●	3 kurze Töne	Meine Maschine arbeitet rückwärts
Aufforderungssignale		
● ● ● ● ●	5 kurze Töne	Bitte Ausweichpflicht nachkommen
● ▬ ● ●	1 kurzer Ton, 1 langer Ton, 2 kurze Töne	Aufforderung zum Anhalten
Signale bei verminderter Sicht		
▬	1 langer Ton	Maschinenfahrzeug in Fahrt, Fahrt durchs Wasser
▬ ▬	2 lange Töne	Maschinenfahrzeug in Fahrt, keine Fahrt
▬ ● ●	1 langer Ton, 2 kurze Töne	Manövrierunfähige, tiefgangsbehinderte, schleppende oder schiebende Fahrzeuge, Segelfahrzeuge in Fahrt, manövrierbehinderte Fahrzeuge in Fahrt oder vor Anker, fischende Fahrzeuge in Fahrt oder vor Anker
▬ ● ● ●	1 langer Ton, 2 kurzeTöne	Letztes bemanntes Fahrzeug eines Schleppzuges
5 sek.	Läuten der Glocke jede Minute 5 Sekunden lang	Ankerlieger unter 100 m Länge
5 sek.	Jede MinuteLäuten der Glocke und danach Schlagen des Gongs, jeweils 5 Sekunden lang	Ankerlieger über 100 m Länge
● ▬ ●	1 kurzer Ton, 1 langer Ton, 1 kurzer Ton	Warnsignal eines Ankerliegers
Überholsignale		
▬ ▬ ●	2 lange Töne, 1 kurzer Ton	Ich will auf Ihrer Steuerbordseite überholen
▬ ▬ ● ●	2 lange Töne, 2 kurze Töne	Ich will auf Ihrer Backbordseite überholen
▬ ● ▬ ●	1 langer Ton, 1 kurzer Ton, 1 langer Ton, 1 kurzer Ton	Zustimmung des zu überholenden Fahrzeuges zum Überholen

22-2 Gebräuchliche Schallsignale der Seeschiffahrt

22.3 Verkehrsvorschriften

Verhalten der Verkehrsteilnehmer

Die generellen Aussagen zum Verhalten der Verkehrsteilnehmer auf Binnenschifffahrtsstraßen gelten auch für die Seeschiffahrt.

Verkehrsvorschriften auf den Seeschifffahrtsstraßen

Auf den deutschen Seeschifffahrtsstraßen gelten folgende Verkehrsverordnungen:

- Internationale Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (Kollisionsverhütungsregeln – KVR) sowie die Verordnung zu den KVR
- die nationale Seeschifffahrtsstraßen-Ordnung (SeeSchStrO)
- die Schifffahrtsordnung Emsmündung (ausschließlich für Ems und Leda)
- die besonderen Befahrensregelungen für Nationalparke Wattenmeer und Naturschutzgebiete.

Die internationalen Kollisionsverhütungsregeln, die zugleich auf der Hohen See gelten, finden im nationalen Bereich nur insoweit Anwendung, als die SeeSchStrO oder die Schifffahrtsordnung Emsmündung nichts anderes bestimmen.

22.4 Befähigungszeugnisse

Berufsschifffahrt auf Seeschifffahrtsstraßen

Patente für Große Fahrt:

- Wachoffizier auf Kauffahrteischiffen aller Größen, aller Fahrtgebiete
- Erster Offizier auf Kauffahrteischiffen aller Größen, aller Fahrtgebiete
- Kapitän auf Kauffahrteischiffen aller Größen, aller Fahrtgebiete

Befähigung im technischen Betrieb:

- Schiffsmaschinist an Maschinenanlagen mit einer Leistung bis 750 kW auf Fracht- und Fahrgastschiffen
- Technischer Wachoffizier für den technischen Dienst auf Schiffen jeder Antriebsleistung
- Zweiter Technischer Wachoffizier für den technischen Dienst auf Schiffen jeder Antriebsleistung
- Leiter der Maschinenanlage auf Schiffen jeder Antriebsleistung

Sportschifffahrt auf Seeschifffahrtsstraßen

- Sportbootführerschein-See
  Amtlicher Schein, der zum Führen von Sportbooten mit Antriebsmaschine > 3,68 kW auf den Seeschifffahrtsstraßen vorgeschrieben ist. Er gilt ohne Längenbegrenzung.
- Sportküstenschifferschein
  Amtlicher Schein, der nicht zwingend vorgeschrieben aber empfohlen ist und von den Inhabern des Sportbootführerscheins-See erworben werden kann. Der Schein gilt für die Küstengewässer.
- Sportseeschifferschein
  Amtlicher Schein, der nicht zwingend vorgeschrieben aber empfohlen ist und von Inhabern des Sportküstenschifferscheins erworben werden kann Der Schein gilt auf den küstennahen Seegewässern.
- Sporthochseeschifferschein
  Amtlicher Schein, der nicht zwingend vorgeschrieben aber empfohlen ist und von Inhabern des Sportseeschifferscheins erworben werden kann. Der Schein gilt in der weltweiten Fahrt.

22.5 Schiffssicherheit

Die Sicherheitsstandards von Schiff, Ausrüstung und Besatzung sind durch das Schiffssicherheitsgesetz (SchSG) und die dazu ergangenen Schiffssicherheitsverordnungen (SchSV) geregelt. Wichtige Aufgaben und Funktionen im Rahmen der Schiffssicherheit nehmen die See-Berufsgenossenschaft und die Klassifikationsgesellschaften wahr.

Aufgaben der See-Berufsgenossenschaft für Schiffe unter deutscher Flagge, die eine gewerbliche Seeschifffahrt betreiben, und für Fischereifahrzeuge:

- Ausstellung der Schiffssicherheitszeugnisse
- Planprüfung von Schiffsneubauten im Bereich der Rettungsmittel, des baulichen Brandschutzes, der Maschinenraumeinrichtung, der Ausrüstung sowie der umwelttechnischen Einrichtungen und Anlagen auf diesen Schiffen
- Prüfung der Bauart, Unterteilung, Stabilität, Freibord und Klärung von schifffahrts- und schiffbautechnischen Grundsatzfragen
- Zulassung von zulassungspflichtigen Ausrüstungen im Bereich der Rettungsmittel, des baulichen Brandschutzes und der Umwelttechnik
- Erst- und Erneuerungsbesichtigungen von Schiffen
- Überprüfung des sicheren Schiffsbetriebes (ISM-Code)
- Prüfung von Rettungsboot- und Feuerschutzleuten.

Eine Klassifikationsgesellschaft ist ein Unternehmen, das einerseits für die Klassifikation von Schiffen und andererseits für die regelmäßige Kontrolle des Erhaltungszustandes zuständig ist.
Klassifikation bedeutet die Einteilung der Schiffe in Klassen. Die Schiffe werden entsprechend der Bauausführung und dem Erhaltungszustand des Schiffskörpers und der Maschinenanlage eingeteilt. Die Klasse ist eine Beurteilung der Seetüchtigkeit und Grundlage für Schiffs- und Ladungsversicherungen.
An der Freibordmarke eines Schiffes ist erkenntlich, von welcher Klassifikationsgesellschaft ein Schiff klassifiziert ist. Ist der durchgestrichene Kreis mit „GL“ beschriftet, handelt es sich um den Germanischen Lloyd, die größte deutsche Klassifikationsgesellschaft.
Ein Reeder ist nicht verpflichtet, sein Schiff klassifizieren zu lassen. Schiffe ohne Klasse dürfen jedoch europäische Gewässer nicht befahren.
Die Schiffe werden regelmäßig kontrolliert. Druckbehälter werden z. B. jährlich einer Druckprüfung unterzogen. Alle fünf Jahre wird die sog. „Große Klasse“ durchgeführt, die eine Untersuchung des Schiffes im Dock erfordert.

22.6 Schiffsvermessung

Die Schiffsvermessung dient der Größenbestimmung eines Seeschiffs. Grundlage für die Vermessung ist die Schiffsvermessungs-Verordnung (SchVmV) vom 5. Juli 1982.
Bis zum Jahr 1994 war das Innenraum-Vermessungssystem Grundlage für die Schiffsvermessung, die Größe wurde in Bruttoregistertonnen (BRT) angegeben.
Seit 1994 wird der Bruttoraumgehalt eines Schiffes durch die Bruttoraumzahl (BRZ) ausgedrückt. Die alte Innenvermessung als Aufmaß auf Innenkante der Bekleidung wurde aufgegeben. Nun ist die schiffbauliche Mallkante, die äußere Begrenzung des Schiffes als Bezugslinie festgelegt.
Die Bruttoraumzahl ist dimensionslos. Sie ergibt sich aus dem Volumen, das mit einem Faktor (0,22 bis 0,32) multipliziert wird. Dieser Faktor wurde gewählt, damit die neue BRZ etwa in der Größe des alten Bruttoraumgehaltes in Registertonnen liegt.
Das Vermessungsergebnis wird in dem Internationalen Schiffsmessbrief ausgewiesen. Nach diesen Zahlen richten sich u. a. Hafen-, Kanal- und Lotsgebühren, Sicherheitsanforderungen, technische Ausrüstung und Besatzungsstärke.

22.7 Maritime Verkehrssicherung

Zur Überwachung des Schiffsverkehrs auf Seeschifffahrtsstraßen sind im Küstenbereich 11 Verkehrszentralen eingerichtet worden. Die Verkehrszentralen sind Organisationseinheiten der WSÄ. Ihre internatio-

nale Bezeichnung ist Vessel Traffic Service Center (VTSC). Der Schifffahrt werden Verkehrsinformationen und Verkehrsunterstützungen angeboten, um Kollisionen und Grundberührungen zu verhüten, den Verkehrsablauf zu steuern und von der Schifffahrt ausgehende Gefahren für die Umwelt zu verhüten.
Die Verkehrszentralen sind täglich 24 Stunden mit qualifizierten Nautikern besetzt. Der Nautiker vom Dienst kann bei erkannten Gefahren unmittelbar auf den Schiffsverkehr einwirken und im Rahmen der Gefahrenabwehr den betroffenen Schiffsführer zu einem bestimmtem Tun, Dulden oder Unterlassen zwingen.
Verkehrszentralen sind ein Bestandteil des „Verkehrssicherungskonzeptes Deutsche Küste“, dessen weitere Module folgende sind:

- Verkehrswegeführung (Einrichten von Verkehrstrennungsgebieten, Fahrwassern und Schifffahrtswegen)
- Schifffahrtszeichenwesen
- Verkehrsvorschriften
- Meldepflichten der Schifffahrt
- Seelotswesen
- Unfallmanagement (Verfügbarkeit von Notschleppkapazitäten, verkehrsbezogener Brandschutz, Schadstoffbekämpfung)
- Strom- und schifffahrtspolizeiliche Einzelmaßnahmen (Erteilung von Genehmigungen, Befreiungen und Verfügungen)
- Schifffahrtspolizeilicher Vollzug
- Zusammenarbeit mit den Nachbarstaaten
- Erhaltung der Bundeswasserstraßen in einem für die Schifffahrt erforderlichen Zustand.

23 Wasserschutzpolizei

Der Vollzug der schifffahrtspolizeilichen Vorschriften auf den Bundeswasserstraßen (Überwachung, Kontrolle, Durchsetzung) wird nicht von der WSV, sondern von den Wasserschutzpolizeien der Länder nach Maßgabe von mit dem Bund abgeschlossenen Vereinbarungen wahrgenommen.
Die schifffahrtspolizeilichen Vollzugsaufgaben sind:

- Gefahren für den Schiffsverkehr zu ermitteln und diejenigen Maßnahmen zu ihrer Abwehr zu treffen, welche keinen Aufschub dulden
- die Einhaltung der der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs dienenden Vorschriften, insbesondere das Verhalten im Verkehr, die Ausrüstung, die Besatzung, den Betrieb und die Kennzeichnung der Fahrzeuge (Schiffe, schwimmende Geräte, Kleinfahrzeuge, Fähren) und schwimmenden Anlagen zu überwachen
- die Schiffspapiere und die Befähigungsnachweise der Schiffsführer, -offiziere und -mannschaften, Fährführer und Lotsen auf den in Nummer 2 genannten Wasserfahrzeugen zu überprüfen.

Nur in den Fällen, in denen die Wasserschutzpolizei nicht erreichbar ist, können die Behörden der WSV zur Beseitigung einer bereits eingetretenen Störung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs oder zur Abwehr einer unmittelbar bevorstehenden Gefahr die notwendigen Vollzugsaufgaben durch ihre Beamten treffen.

Außer den Aufgaben der Schifffahrtspolizei nimmt die Wasserschutzpolizei noch Landesaufgaben wie z. B. kriminalpolizeiliche Fahndungen oder Überwachung der Gewässerreinhaltung wahr.

Literatur

Tabellenbuch Bau
Verlag Handwerk und Technik 2009

Schumann, W.: Steine und Mineralien
BLV Verlagsgesellschaft 1975

Weber, R.: Guter Beton
Verlag Bau und Technik 2007

Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen EAU 2004
Verlag Ernst und Sohn

Lattermann, E.: Wasserbau-Praxis Band 1 und Band 2
Bauwerk Verlag 2005/2006

Uhlemann, H.-J.: Schleusen und Wehre
DSV-Verlag 2002

Uhlemann, H.-J.: Die Geschichte der Schiffshebewerke
DSV-Verlag 1999

Generalpläne Küstenschutz der Küstenländer

Richtlinien für naturnahe Unterhaltung und naturnahen Ausbau von Fließgewässern

Normblätter (EN und DIN)

Stichwortverzeichnis

Abfall 22
Abflussmessungen 137
Abladetiefe 164
Absperrwerk 158
ADCP-Abflussmessung 142
Anstricharbeiten 95
Arbeitsschutzausschuss 16
Arbeitssicherheit 15
Arbeits- und Aufsichtsschiffe 188
Asphalt 93
Auen 263
Ausbautiefe164
Automatisierung (Schleusen) 242
Bachpate 263
Baggertiefe 164
Balje 272
Baugips 31
Baukalk 31
Baumkontrollen 271
Baustelleneinrichtung 27
Bauwerksabdichtung 74
Bauwerksinspektion 1
Befähigungszeugnisse 301, 313
Bemessungswasserstände (Küstenschutz) 275, 279
Bestick 272
Beton 47
Betondeckung 70
Betonherstellung 71
Betonprüfungen 73
Betonschalung 62
Betonzusätze 55
Betonzusammensetzung 58
Betriebsanweisungen 18
Betriebssicherheitsverordnung 17
Bewehrungsstähle 64
Bezeichnung der Fahrzeuge 297, 311
Bindemittel 29
Binnenschiff 303
Binnenschifffahrt 296
Binnenschifffahrtsstraßen 11
Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung 300
Binnenwasserstraßen 11
Biotop 263
Biozönose 263
Bitumen 93
Blockbauweise (Ufermauer) 221
Bodenarten 77
Bodenerkundung 80
Bodengruppen 79
Boden- und Felsklassen 80
Bodenverdichtung 82
Böden 76
Böschungspegel 130
Böschungspflaster 266
Bootsgasse 248
Bootsschleppe 248
Bootsschleuse 249
Brücke 254
Buhne 154, 287
Bundeswasserstraßen 11
Bundeswasserstraßengesetz 1
Buschkiste 200
Buschmatte 201
Damm 224
Dammbalkenwehr 228
Dammstrecke 147
Deich 224, 279
Deichlinie 272
Deichverteidigung 281
Deckschicht 205,206
Dichtung (Uferdeckwerk) 205, 207
Donauschifffahrtspolizeiverordnung 300
Doppelklappe 229
Doppelschleuse 234
Doppelschütz 230
Düker 253
Düne 272, 285
Durchgängigkeit 264
Durchlass 253
Ebbe 273
Eimerketten-Nassbagger 190
Einheitstonne 169
Einperlmethode (Druckluftpegel) 133
Einschnittstrecke 14
Einzelgefahrzeichen 176, 177
Eisbekämpfung 4
Eisbrecher 193
Elektromotor 99
Elektronische Wasserstraßenkarte 116
Emissionen 23
Entwicklung von Gewässern 262
Ersthelfer 16
Expositionsklassen 49
Fachkraft für Arbeitssicherheit 16
Fahrrinne 3, 163
Fahrrinnentiefe 164
Fahrwasser 3, 163
Fallhöhe (Stauregelung) 162
Fangedamm 217
Farben 95
Faschine 198
Faschinenmatte 202
Faschinenwalze 199
Fauna 263
Fernbedienung (Schleusen) 242
Festpunktfeld 114
Feuer 167
Filterschicht (Uferdeckwerk) 205, 207
Fischbauchklappe 228
Fischwege 250
Flächenhafter Küstenschutz 288
Fließgewässerlandschaft 263
Flora 263
Flottwasser 164

Flügelmessung (Abfluss) 139
Flussachse 152
Flussdeich 151
Flussregelung 151
Flut 273
Freileitung 256
Fußsicherung 205, 208, 213
Gabione 221
Geest 272
Gefährdungsanalyse 17
Gefährdungsbeurteilung 17
Gegliederte Ufermauer 220
Geschiebezugabe 163
Gesteinskörnung 51
Gesundheitsschutz 15
Gewässerbett 147
Gewässerentwicklungsplan 264
Gewässergüte 262
Gewässerkundliche Hauptwerte 136, 144
Gewässermorphologie 263
Gewässernachbarschaft 263
Gezeiten 273
Gleichstellungsbeauftragte 10
Gleitschütz 230
Habitat 263
Hakendoppelschütz 232
Hakenschütz 230
Hallig 272, 277
Hauptdeich 272, 280
Hochwasserregelung 153
Hochwasserrückhaltebecken 260
Höhenmessung 110
Holz 84
Holzschädlinge 88
Holzschutz 89
Holzverbindungen 89
Hopperbagger 191
Hotopp-Schleuse 241
Hubklappenschütz 232
Immissionen 23
Inselschutz 272
Kanalbrücke 247
Kanalquerschnitt 148
Kardinale Schiffahrtszeichen 167
Kartenwesen 115
Kennung 167
Kielfreiheit 164
Klei 272
Knoten 29
Körnungsziffer 53
Kollisionsverhütungsregeln 313
Konsistenzklassen 57
Koog 273
Kopfschwelle 159
Korngruppen 52
Kreislauf des Wassers 125
Künstliche Steine 43
Küstenschutz 272
Kunststoffe 96
Kuppelschleuse 234
Lack 95
Lärmschutz 26
Lagemessung 107
Lahnung 289
Laterale Schifffahrtszeichen 167
Lattenpegel 129
Lebendbau 194
Leertauchung 164
Lehm 30
Leitdamm 157
Leuchtturm 186
Liegenschaftsverwaltung 104, 116
Löffelschwimmbagger 192
Mahlbusen 284
Maritime Verkehrssicherung 314
Marsch 273
Mauerwerk (künstliche Steine) 44
Mehrzweckschiffe 193
Meldedienste 145
Messschiff 189
Metall 90
Mittelwasserregelung 153
Mole 288
Moselschifffahrtspolizeiverordnung 300
Motorenkunde 99
Nadelwehr 233
Naturnaher Ausbau 26
Naturnahe Unterhaltung 26, 267
Naturstein 35
Natursteinmauerwerk 40
Neophyten 264
Niedrigwasserregelung 158
Nivellement 113
Nordsee 275
Oberflächenfeuchte 54
Ökologie 263
Ökosystem 263
Organisatorischer Aufbau 6
Ostsee 279
Packfaschinat 202
Parallelwerk 155
Pegelstaffel 131
Pegelwesen 126
Peilrahmen 189
Peilwesen 117
Persönliche Schutzausrüstung (PSA) 19
Personalvertretung 9
Pfahlrostbauwerk 222
Pfahlwand 219
Pflege von Gewässern 262
Polder 273
Priel 272
Pumpspeicherbecken 260
Qualitätssicherung (Beton) 73
Radarpegel 134
Rauwehr 204
Regelbauweisen (Uferdeckwerke) 208
Regelblock (Schleusen) 239
Regelquerschnitte 149
Regelschiff 164
Revisionsverschluss 254
Rheinschifffahrtspolizeiverordnung 300
Rollenschütz 230
Rückstaudeich 151

Sandaufspülung 287
Sanierungsmaßnahmen (Beton) 73
Saugbagger 192
Schachtschleuse 234
Schadstoffunfallbekämpfung 6
Schardeich 272
Schifffahrtskanal 164
Schifffahrtskunde 293
Schifffahrtstunnel 249
Schifffahrtszeichen 1, 166
Schiffseichung 305
Schiffshebewerk 242
Schiffssicherheit 313
Schiffsuntersuchung 304
Schiffsvermessung 314
Schlauchwehr 229
Schleuse 233
Schleusentor 237
Schleusentreppe 234
Schleusenvorhafen 241
Schlick 272
Schlitzwand 222
Schnittholzeinteilung 86
Schöpfdamm 157
Schöpfwerk 284
Schorre 273
Schützenwehr 230
Schwerbehindertenvertretung 10
Schwergewichtsmauer 220
Schwimmermessung (Abfluss) 139
Schwimmerschreibpegel 132
Schwimmkasten 223
Sedimentationsbecken 262
Seegat 272
Seeschifffahrt 309
Seeschifffahrtsstraßen 11
Seeschifffahrtsstraßenordnung 313
Seewasserstraßen 11
Segmentklappenschütz 232
Segmentwehr 231
Sektorwehr 229
Senkfaschine 200
Senkkasten 223
Senkrechte Ufereinfassung 214
Sicherheitsbeauftragter 16
Sicherheitstor 254
Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordinator 29
Siel 284
Sinkstück 204
Sohlensicherung 194
Sohlschwelle 160
Solltiefe 164
Sortierung (Holz) 86
Sparschleuse 234, 237
Sperrwerk 283
Spreutlage 202
Spundwand 215
Squat 164
Stahlbeton 47
Staubalkenwehr 233
Stauhaltung 162
Stauhöhe 162
Staukurve 162
Stauregelung 161
Stauspiegel 162
Staustufe 162
Stauwurzel 162
Stauziel 161
Störstein 264
Streichlinie 152
Streichwerk 158
Strompolizei 1, 4
Stromschwelle 159
Stromstrich 152
Sturmflut 274
Talsperre 258
Talweg 152
Taucherglockenschiff 192
Tauchstab 142
Tauchtiefe 164
Tauwerk 293
Teer 93
Teilschutzdeich 151
Tide 273
Tiefenreserve 164
Tiefgang 164
Tonnenleger 192
Tonnenverankerung 169
Totholz 264
Treibsel 273
Trennlage (Uferdeckwerk) 205, 207
Trennwerk 157
Treppenpegel 130
Trommelwehr 229
Übergang 152
Überlaufdeich 280
Übertiefe 164
Ufer 147, 151
Uferböschung 194
Uferdeckwerk (Küstenbereich) 287
Ufereinfassung 194
Ufertreppe 223
Uferweg 223
Ultraschall-Abflussmessung 142
Umweltschutz 22
Unfallversicherung 18
Unterführungsbauwerk 253
Unterhaltungsbaggerung 4
Untiefe 164
Vegetation 263
Vegetationszone 194
Verbrennungsmotor 100
Vergussstoff 207
Verkehrssicherung 3
Verkehrssicherungssysteme 308
Vermessungsaufgaben der WSV 114
Vermessungsgerät 105
Vermessungspunkt 107
Vermessungswesen 104
Volldeich 151
Vorbildgewässer 264
Vorland 276
Walzenwehr 232
Warf(t) 273

Wasserbaustein 39
Wasserbedarf (Kanal) 148
Wasserkraftanlage 256
Wasserschutzpolizei 315
Wasserspiegelfixierung 134
Wasserstandsdatenfernübertragung 135
Wasserstands-Dauerlinie 136
Wasserstands-Ganglinie 136
Wasserstandsmessung 126
Wasserstraßennetz 11
Wasserstraßenklassifizierung 11
Wasserstraßenüberwachung 4
Wassertiefe 164
Wasser- und Schifffahrtsverwaltung 1
Wasserzementwert 54
Wattsicherungsdamm 289
Wattenmeer 275
Wehr 225
Wellenbrecher 288
Winkelstützmauer 220
Wippe 199
Zement 32
Zugabewasser 54
Zwillingsschleuse 234

Impressum

Herausgeber
Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest, Berufsbildungszentrum Koblenz,
Hafenstraße 1, 56070 Koblenz

Autor
Dipl.-Ing. Hauke Nakoinz, ehemaliger Leiter des Berufsbildungszentrums Koblenz

Quellenhinweise

Das Luftbild (Titelbild) wurde vom WSA Dresden/von der WSD Ost zur Verfügung gestellt
Die Zeichnungen und Tabellen wurden von Hauke Nakoinz gefertigt.
Das Organigramm und die beiden Wasserstraßenkarten sind dem Elektronischen Wasserstraßen-Informationsdienst der WSV (ELWIS, www.elwis.de) entnommen worden.
Für die Karte zum „Unterhaltungsplan Weser“ haben das WSA Bremerhaven und die BfG die Genehmigung zur Vervielfältigung erteilt.
Beim Formular der Unfallanzeige handelt es sich um einen Vordruck der Unfallkasse des Bundes